

Treball de Fi de Grau

**Grau Enginyeria en Tecnologies Industrials
GETI**

Estudi i anàlisi sobre la implantació dels drons com a una mesura antiincendis

MEMÒRIA

Autor: Ignasi Llordés Pavón
Director/s: Emilio Hernández Chiva
Convocatòria: Juny, 2016

Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



*Als meus pares,
exemple i ajuda
incondicional.*



RESUM

Aquest projecte té com a objectiu general trobar una solució a la lentitud a l'hora de detectar un incendi als boscos. Per fer-ho es dissenya un sistema emprant una tecnologia emergent: els drons. Es realitza un estudi de mercat per conscienciar-se de les infinites possibilitats que ofereix actualment una tecnologia en desenvolupament com són els drons. S'analitzen el funcionament i les possibilitats de diverses tecnologies per a detectar incendis i es selecciona la més adient. S'estudia la forma de combinar la tecnologia triada amb un dron. S'aplica la teoria a un cas pràctic definint la zona d'estudi i tots els paràmetres necessaris per al correcte funcionament del sistema. Es realitza la comparació amb el sistema actual de detecció d'incendis descrivint els respectius avantatges i inconvenients. Es revisa la legislació vigent en quant al pilotatge de d'aeronaus amb radio control i, per últim, es realitza una valoració mediambiental i econòmica.

ABSTRACT

This project aims to find a solution to the general slowness in detecting fires in forests. To do that a system is designed using an emerging technology: the drones. A market research is done to be aware of the amount of possibilities offered by a technology currently in development such as drones. Detecting fires technologies are analyzed in order to search the most suitable one. Also it is studied how to combine the selected technology with a drone. The theory is applied to a practical case, defining where the system will be installed and all the important parameters needed for the properly operation of the system. A comparison between the actual fire detecting system and the one designed is made describing the respective advantages and disadvantages. The current legislation that talks about piloting an aircraft by radio control is revised. And to end with the project an environmental and economic review is made.

GLOSSARI

$x(t)$	Posició del dron a l' instant “ t ”	m
x_0	Posició inicial del dron a l' instant “ $t=0$ ”	m
t	Temps	s
v	Velocitat de vol del dron	m/s
h_r	Ample del rectangle de terreny observat	m
v_r	Alçada del rectangle de terreny observat	m
$hFOV$	Field of View horitzontal	°
$vFOV$	Field of View vertical	°
d	Distància al terra (alçada vol del dron)	m

ÍNDEX

Resum.....	pàgina 1
Abstract.....	pàgina 2
Glossari.....	pàgina 3
1.- Objectius i abast del projecte.....	pàgina 6
1.1.- Introducció.....	pàgina 6
1.2.- El concepte general.....	pàgina 6
1.3.- Abast del projecte.....	pàgina 7
2.- Els drons.....	pàgina 8
2.1.- Que és un dron?	pàgina 8
2.2.- Components d'un dron.....	pàgina 9
2.3.- Estudi de mercat.....	pàgina 10
3.- Els drons contra els incendis.....	pàgina 11
4.- Anàlisi d'alternatives: sistema detector.....	pàgina 13
4.1.- Alternativa 1: Detector de fums sense fils.....	pàgina 13
4.1.1.- Fotoelèctrics.....	pàgina 14
4.1.2.- Iònics de fum.....	pàgina 15
4.1.3.- Comparativa detectors de fum sense fils....	pàgina 16
4.2.- Alternativa 2: Càmeres de vídeo.....	pàgina 18
4.3.- Alternativa 3: Càmeres tèrmiques o infraroges.....	pàgina 19
4.4.- Alternativa 4: Mapes tèrmics.....	pàgina 20

4.5.- Alternativa 5: Ortomosaics.....	pàgina 21
4.6.- Selecció de la millor tecnologia.....	pàgina 21
5.- Muntatge dron-càmera tèrmica.....	pàgina 26
5.1.- Estudi d'alternatives.....	pàgina 26
5.2.- Selecció d'alternativa més adequada.....	pàgina 27
6.- Zona d'estudi.....	pàgina 31
7.- Dron i les estacions de control.....	pàgina 33
7.1.- Estacions de control.....	pàgina 33
7.2.- Paràmetres de vol.....	pàgina 34
7.2.1.- Velocitat de vol i trajectòria.....	pàgina 34
7.2.2.- Alçada de vol.....	pàgina 35
7.2.3.- Trajectòria.....	pàgina 36
8.- Sistema ideat envers al sistema actual.....	pàgina 44
9.- Legislació.....	pàgina 47
10.- Avaluació d'impacte ambiental (EIA)	pàgina 50
11.- Conclusions.....	pàgina 54
Agraïments.....	pàgina 56
Bibliografia.....	pàgina 57

1.- OBJECTIUS I ABAST DEL PROJECTE

1.1- Introducció.

Cada cop més, i sobretot en èpoques on les temperatures són més elevades i la pluja escasseja, els incendis s'han convertit en una amenaça constant arreu del territori espanyol.

És ben cert que l'avenç de les tecnologies ha fet que la lluita contra els incendis sigui cada cop més ràpida i efectiva. No obstant, tot i que les pautes d'actuació són clares i estan ben definides, en moltes ocasions no són suficients per evitar que el foc s'escampi amb la rapidesa que ho fa i sovint, quan es comença a actuar, el foc s'ha dispersat tant que aquelles pautes clares i tan ben definides no són suficients per extingir-lo.

És d'aquí d'on neix la motivació d'aquest treball: intentar buscar una solució al problema principal a l'hora de combatre els incendis: la rapidesa i eficiència en l'actuació.

L'extensió dels boscos és molt gran i és per això que la manera més eficient i ràpida de tenir una visió global i controlada d'aquests és a través de l'espai aeri. Els drons s'estan convertint en una de les tecnologies emergents més importants. Cada dia s'empren més recursos econòmics en la investigació i desenvolupament d'aquestes aeronaus que, a part de ser eines de gran precisió i amb camps d'aplicació molt extensos, permeten realitzar tasques impossibles o gairebé impossibles per als éssers humans sense posar en perill cap vida. Tot i que és ben cert que existeixen certs problemes amb la legislació vigent, ja que ha estat una tecnologia que s'ha desenvolupat molt en poc temps, sembla bastant clar que cada cop seran més indispensables per a l'ésser humà.

1.2.- El concepte general.

Aquest projecte s'emmarca, per tant, en un concepte genèric que pretén aconseguir un sistema més o menys complex per a detectar els incendis de forma eficient i ràpida (en la mesura de lo possible), mitjançant l'ús dels drons i que pretén millorar el sistema de detecció actual que, en ocasions, és insuficient per evitar que l'incendi es descontrolï i cremi masses hectàrees.

1.3.- Abast del projecte.

Aquest projecte és el primer pas cap a un concepte global. En aquest cas, el projecte es centra en buscar un sistema detector d'incendis simple i efectiu. Tot això inclou:

- En primer lloc, trobar al mercat una tecnologia que permeti detectar un incendi de forma efectiva i ràpida. Això implica:
 - Que sigui suficientment precisa com per permetre una detecció d'incendis.
 - Que no es tracti d'una tecnologia excessivament complexa.
 - Especialment important serà que aquesta sigui compatible amb un dron ja que sinó no tindria sentit l'ús d'aquesta tecnologia.
 - Que sigui una tecnologia econòmica en la mesura de lo possible.

- En segon lloc, trobar un dron que, juntament amb la tecnologia detectora triada, permeti una detecció del incendi de forma eficient. És a dir, es requerirà d'un dron que ofereixi unes bones especificacions tècniques (velocitat de vol, abast del senyal, rang de temperatures de treball, autonomia, etc.) que donin fiabilitat al sistema triat (dron i tecnologia detectora).

- Per últim aplicar a un cas pràctic tot lo esmentat anteriorment per comprovar si el sistema dissenyat ha estat ben ideat o no. Realitzar una avaluació tècnica, econòmica i mediambiental del sistema.

2.- ELS DRONS.

2.1.- Que és un dron?

Un dron és un vehicle aeri no tripulat (UAV “unmanned aerial vehicle”). Com indica el nom, aquest aparell electrònic vola sense cap pilot humà a bord i són el resultat de la combinació dels avenços tant en l’aeronàutica com en la robòtica. Són utilitzats en tasques que són massa perilloses o complicades per a una persona, o requereixen un nivell d’exactitud que només aconsegueix la tecnologia. Estan dotats amb equips d’última generació com GPS, sensors, càmeres d’alta generació i control de radars, entre altres.

Els drons poden estar controlats de diferents maneres: o bé un pilot des del terra ho fa amb un control remot, o emprant un programa informàtic programat prèviament per fer un vol amb les condicions controlades (velocitat, alçada, trajectòria...), o poden ser totalment autònoms sent controlats per ordinadors a bord.

2.2.- Components d’un dron.

Com hem vist a l’apartat anterior, de drons n’ existeixen de molts tipus i cadascun amb els components especials per desenvolupar la tasca per la qual han estat dissenyats. És per aquest motiu que per comprendre millor el funcionament d’un dron es descriuran les parts comunes a tots els drons, és a dir, els components essencials per al seu funcionament.

A continuació es presenta una imatge amb els components essencials d’un dron i tot seguit es descriuran aquests:



Imatge 1.- Components d’un dron

- Quadre o xassís: És l'estructura que conforma el cos del dron i que a més subjecta tots els altres components. La seva lleugeresa és clau per a la seva eficiència i velocitat de vol. Ha d'estar fet d'un material que sigui lleuger però alhora resistent per protegir el dron de cops i impactes. Sota el xassís és on es troben els circuits elèctrics i altres components com per exemple: la bateria, el receptor RF (mòdul que rep el senyal del comandament a distància) i els controladors de velocitat.
- Motor: Genera la propulsió de l'aeronau. Cada hèlix té el seu propi petit motor per fer-les independents unes de les altres, de manera que si un falla el dron no caigui a terra i es pugui mantenir volant o aterrar de forma suau. La potència, mida i tipus de motor depenen de l'ús que se li vulgui donar al dron.
- Hèlix: Són les encarregades d'impulsar el dron. Depenent del model aquestes seran més grans o més petites. Els models més simples en tenen 4, dos al davant i dos darrere. A la figura 1 de l'*Annex III* es pot observar el moviment del dron en funció del moviment relatiu de les quatre hèlix.
- Comandament a distància: És l'equip que utilitza el pilot per controlar l'alçada, velocitat i trajectòria del dron. Quan van aparèixer els primers drons al mercat els comandaments a distància posseïen palanques i botons com qualsevol "Joystick"; a més les accions es transmetien mitjançant infrarojos gràcies a una antena.
A mesura que els drons s'han anat desenvolupant també ho han fet els comandaments a distància, fins arribar al punt de substituir botons, palanques i antenes, per una pantalla tàctil des de la qual es controla el dron. Al implementar les pantalles tàctils com a comandament no tan sols es pot controlar l'alçada, velocitat i trajectòria del dron, sinó que també serveixen per monitoritzar els valors d'aquests tres paràmetres, visualitzar el que sobrevola el dron a temps real i veure el percentatge de bateria restant del dron, entre altres paràmetres.

2.3.- Estudi de mercat.

Avui en dia les aplicacions i possibilitats d'ús dels drons semblen realment infinites. Per entendre les possibilitats que se'ns obren, n'hi ha suficient amb dir que la manipulació

d'un dron està a l'abast d'un nen de tan sols 6 anys. És una tecnologia apte gairebé per a tothom. Fins a l'actualitat tenien un ús limitat a l'àrea militar o amb finalitats civils i d'investigació científica.

De que són capaços els drons? Probablement de qualsevol cosa. Actualment aquest es fan servir en esdeveniments per gravar i obtenir diferents angles de visió; com a “*delivery*” per enviar paquets als clients; en l'àmbit militar per a realitzar tasques de reconeixement, espionatge i inclús atacs; per a situacions d'emergència tals com rescats i reconeixement de persones; i fins i tot com a distracció per a totes les edats. Observar figures 2 a 4 de l'*Annex III*.

3.- ELS DRONS CONTRA ELS INCENDIS.

Després d'estudiar que són els drons, com funcionen, quines possibilitats d'actuació i analitzar els camps d'aplicació actuals, es pot arribar a la conclusió que les possibilitats que té un dron de realitzar gairebé qualsevol tasca i de fer-les de forma eficient i ràpida són molt elevades.

És ben cert que els drons en moltes ocasions milloren l'efectivitat i la rapidesa amb la qual l'ésser humà fa diferents tasques. A més la possibilitat de realitzar tasques que poden ser perilloses sense posar en perill cap vida humana augmenta encara més l'interès a l'hora d'utilitzar-los.

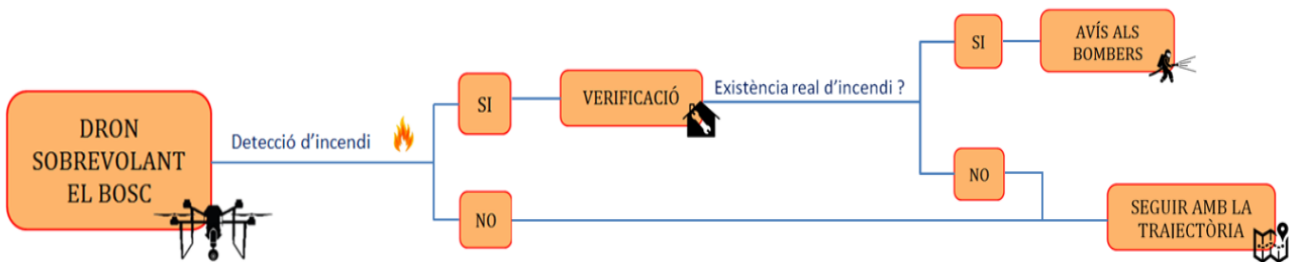
Sabem que on hi ha clima mediterrani el foc és un element natural que sempre està present. Tant és així, que s'han definit una sèrie de mecanismes per combatre i prevenir un incendi. Avui, però, es crema a Catalunya aproximadament deu vegades més del que seria natural (Figura 5) i aquests mecanismes comencen a no ser prou eficaços.

Sorprèn doncs, que tot i saber que els drons ofereixen tot lo esmentat anteriorment, aquests no s'emprin per realitzar tasques molt crítiques, com per exemple combatre incendis. En realitat sí que existeixen alguns projectes de drons relacionats amb els incendis però que o bé no s'han dut a terme per qüestions econòmiques o perquè les solucions trobades no eren del tot senzilles com per iniciar un estudi. La majoria d'aquests projectes fracassen perquè combatre un incendi amb un dron, per una banda resulta, en moltes ocasions, més car que combatre'l de la forma usual, i trobar un sistema capaç d'extingir un incendi i que alhora aquest sigui transportat per un dron no és del tot senzill.

Com s'ha pogut veure anteriorment el principal problema a l'hora d'extingir un incendi és el temps d'actuació; sovint quan els bombers comencen a actuar l'incendi s'ha expandit tant que és gairebé impossible apagar-lo de forma ràpida. Per aquest mateix motiu s'ha pensat en la utilització dels drons per reduir al màxim aquest temps d'actuació i així poder "atacar" l'incendi quan encara està molt localitzat.

El sistema consistiria en una patrulla de drons que sobrevolarien amb una certa periodicitat el bosc que vigilen. Aquests portarien incorporats alguna tecnologia detectora d'incendis (que s'haurà de definir) i al mínim indicatiu de foc saltaria una alarma que avisaria a l'operari situat a l'estació de control. L'operari verificaria si realment es tracta d'un incendi, ja que els drons poden fallar, i aquest en cas d'incendi avisaria als bombers.

El funcionament del sistema pot representar-se esquemàticament de la següent forma:



Imatge 2.- Esquema de funcionament del sistema a idear.

A part de permetre una detecció ràpida, es podria conèixer la posició exacte de l'incendi gràcies als GPS incorporats als drons; així s'aconseguiria arribar a la zona on existís l'incendi de forma ràpida i abans que aquest s'hagués propagat a gran escala.

4.- ANÀLISI D'ALTERNATIVES: SISTEMA DETECTOR.

El sistema ideat no tindria cap sentit si no es trobés una tecnologia que permetis detectar un incendi de forma ràpida i assegurant una eficàcia bastant alta. Es podria dir que és el punt més crític del sistema ideat, l'èxit del projecte depèn, en un 90%, d'una bona elecció de la tecnologia detectora.

Una mala elecció no tant sols no permetria detectar l'incendi, sinó que provocaria que tots aquells aspectes positius i avantatges pel qual s'havia triat la tecnologia es convertissin en inconvenients, ja que si el dron no detecta l'incendi aquest s'expandiria cremant moltes més hectàrees, causaria danys irrevocables i, com a conseqüència, la inversió econòmica que s'hauria de realitzar per combatre'l seria molt més gran.

És per aquest motiu que l'estudi de les diferents possibles tecnologies ha de ser exhaustiu: en primer lloc s'estudiarà el funcionament de cadascuna d'elles; posteriorment es compararan totes elles, veient-se avantatges i inconvenients de cadascuna, i per últim es seleccionarà aquella que sigui més fiable, ràpida i eficient, que presenti menys possibilitats d'error i que, en la mesura de lo possible, sigui econòmica; tot i que aquesta darrera característica no és essencial, perquè en moltes ocasions és millor invertir més en la tecnologia que no en futures reparacions, o en el pitjor dels casos, en apagar incendis en el cas de fallida de la tecnologia.

De tecnologies detectores d'incendis n'existeixen moltes, des de sensors de temperatura, de color, de lluminositat, de fum, càmeres d'infrarojos etc.; però no s'ha d'oblidar quin és l'objectiu d'aquest treball, detectar l'incendi gràcies als drons; per tant aquestes eines han d'anar d'alguna manera equipades a un dron que serà el que sobrevolarà el bosc. Caldrà anar amb cura ja que no qualsevol tecnologia capaç de detectar incendis serà útil.

4.1.- Alternativa 1: Detector de fums sense fils.

Com a primera opció es podria pensar en els detectors de fum que s'instal·len a moltes llars. Els detectors de fum no són res més que sensors capaços d'emetre un senyal (estímul) elèctric quan detecten la presència de fum a l'aire. Com diu la frase feta en anglès "*Where there's smoke, there's fire*" (On hi ha fum, hi ha foc), per tant detectar la presència de fum és el mateix que detectar la presència de foc o incendi.

Alguns d'aquests sensors es connecten a uns dispositius que, quan reben el senyal dels detectors, ruixen aigua per apagar el foc; però també poden estar connectats a una centraleta que en cas de rebre l'estímul provinent del detector activen un senyal sonor d'alarma. Com s'ha comentat anteriorment, l'objectiu es trobar un sistema detector que s'adeqüi el millor possible a les necessitats i per tant l'opció de connectar el sistema detector als dispositius ruixadors d'aigua queda descartada, ja que el dron hauria de carregar amb l'aigua suficient per extingir o reduir l'incendi i ja es veu a simple vista que no és una opció viable.

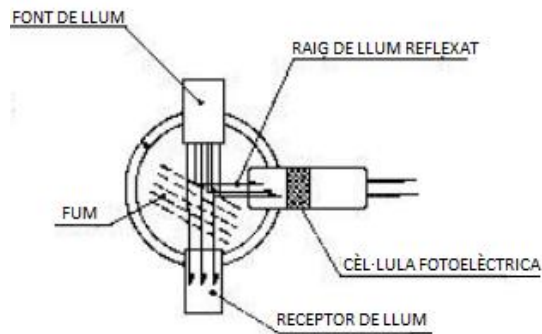
La solució seria acoblar un detector de fums a la part inferior del dron, de manera que, si mentre es sobrevola el bosc s'inicia un incendi, el sensor pogués detectar el fum generat i envies un senyal a l'estació de control on estaria situada la centraleta que avisaria mitjançant un senyal acústic.

La manera de detectar el fum depèn de cada sensor. S'hauran d'estudiar doncs com detecta el fum cada sensor, perquè no totes les tecnologies seran fiables per detectar un incendi. Per aquest motiu caldrà veure quin s'adequaria millor als requeriments del sistema.

4.1.1.- Fotoelèctrics.

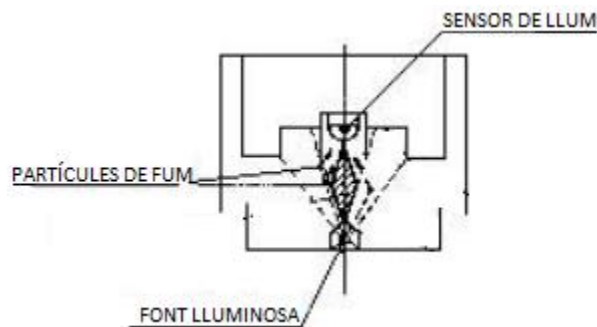
També són coneguts com detectors òptics de fum. Funcionen de la següent manera: a l'interior dels detectors es genera un feix de raigs de llum i quan el fum s'introdueix al sensor, aquest afecta al feix de raigs variant la llum rebuda a la cèl·lula fotoelèctrica de l'interior. Quan la cèl·lula detecta que la intensitat de llum que rep ha variat notòriament respecte la que rebia quan no hi havia fum activa un senyal elèctric (alarma). N'existeixen de dos tipus:

- De raigs projectats: En aquests sensors el fum visible obscureix el feix de raigs lluminosos projectats per l'emissor, disminuint així la llum rebuda per la cèl·lula fotoelèctrica instal·lada al receptor.
- De raigs reflectats: El funcionament d'aquest sensor és diferent al de raigs projectats. Quan entra fum una part del feix de llum procedent de l'emissor es refracta i una altre part es reflexa amb les partícules del fum. La part refractada va a parar al receptor de llum i la part reflexada es dirigeix cap a la cèl·lula fotoelèctrica que activa un senyal que es transmet a la centraleta.



Imatge 3.-Detector de fums fotoelèctric de feix reflexat o angle recte.

Una variant d'aquest sistema és el detector de fums per difusió de la llum. El principi de detecció és molt semblant però amb algunes variacions. En aquest cas la font lluminosa i el sensor lluminós estan en el mateix eix de tal manera que, quan no hi ha fum per causa de la forma de la pantalla emissora, el feix de llum no arriba al receptor; en canvi quan entra fum a la cambra la llum emesa per la font lluminosa es dispersa en totes les direccions arribant així al sensor.



Imatge 4.-Detector de fums fotoelèctric per difusió de la llum.

4.1.2.- Iònics de fum.

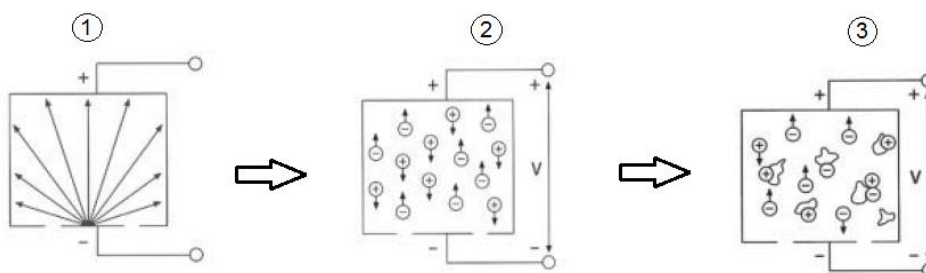
El seu funcionament es basa en la disminució de flux de corrent elèctric format per molècules de O_2 i N_2 ionitzades per una font radioactiva entre dos elèctrodes al penetrar els productes de combustió d'un incendi. Quan les partícules provinents de la combustió són ínfimes (entre 0,01 i $1\mu g$) és quan l'eficiència d'aquests detectors és màxima.

Aquest tipus de sensors no només detecten les partícules procedents de la combustió, sinó que també tenen la capacitat de detectar unes partícules molt petites formades prèviament a la combustió quan existeix un focus molt calent que està a punt de cremar. Això permet

doncs una detecció immediata del incendi. Tot i emprar una font radioactiva està provat que no existeix perill de radioactivitat a la proximitat d'aquests detectors.

El funcionament d'aquest detector es basa en una cambra d'ionització que consisteix en dues plaques carregades elèctricament i un material radioactiu (normalment Americi 241) per ionitzar l'aire entre les plaques (1). El material radioactiu emet partícules que entren en col·lisió amb les molècules a l'aire traient els electrons de la seva òrbita. Les molècules de l'aire es converteixen doncs en ions carregats positivament i les molècules que guanyen electrons es converteixen en ions negatius. Els ions positius són atrets per la placa de polaritat negativa i els ions negatius per la placa amb polaritat positiva (2). D'aquesta manera la ionització genera un petit corrent elèctric.

Les partícules alliberades a la combustió són molt més grans que les molècules d'aire ionitzades. Quan aquestes partícules entren a la cambra de ionització col·lisionen amb les molècules d'aire ionitzades i es combinen amb elles. Com a resultat algunes partícules es carreguen positivament i negativament (3). A mesura que continuen combinant-se la quantitat total d'ions a la cambra es va reduint cosa que fa que el corrent elèctric mesurat disminueixi també i es generi una condició d'alarma.



Imatge 5.-Funcionament del detector de fums iònic

4.1.3.- Comparativa detectors de fum sense fils.

Un cop vists tots els detectors de fums sense fils que hi ha al mercat caldrà realitzar una comparativa per triar quin s'adequaria millor al projecte en qüestió. Per poder detectar l'incendi el sensor escollit ha de estar preparat per cobrir el màxim nombre de situacions possibles i factors adversos que puguin aparèixer. Per fer-ho s'ha creat una taula amb els avantatges i inconvenients de cada detector:

Taula 1.- Avantatges i inconvenients dels detectors de fum sense fils.

Detector de fum	Avantatges	Inconvenients
Fotoelèctric de raigs projectats	Resposta ràpida davant focs amb fum.	La seva fiabilitat disminueix quan existeix vent.
	Permet detectar fums a grans alçades.	És més car en comparació amb altres sensors.
Fotoelèctric de raigs reflexats	Autoregulables per la brutícia i poden avisar quan estan molt bruts.	
	Molt resistent als corrents d'aire.	Si el fum es negre no el detecta ja que no hi ha dispersió de la llum.
	Més rapidesa de resposta, necessita menys fum per donar alarma.	
	Detecten focs latents	
Iònics	Detector apte per a tot tipus de fums.	Dona falses alarmes en ambients amb molta pols.
	Estabilitat davant variacions de pressió, temperatura i corrents d'aire.	Massa sensible a la variació de corrent elèctric.
	Permet una detecció precoç.	

A l'hora de seleccionar el millor detector de fum sense fils queda clar que l'escollit ha de complir les següents característiques: oferir una resposta ràpida davant fum per poder detectar amb rapidesa l'existència d'incendis i evitar així que aquest es propagui pel bosc; fiabilitat a grans alçades ja que el dron sobrevolarà a una alçada considerable per poder cobrir el màxim terreny possible; i resistent a factors externs (corrents d'aire, pols, temperatura, brutícia...) per poder treballar en qualsevol condició.

Observant un a un els sensors es pot veure ràpidament que les característiques i possibilitats de treball depèn molt de cada sensor; a més cap dels sensors compleix totes les tres característiques esmentades anteriorment.

Si per una banda els sensors fotoelèctrics de raigs projectats ofereixen una resposta ràpida i precisa a grans alçades, per una altra banda, aquests, són massa sensibles als corrents d'aire. A la alçada que volarà el dron és casi segur que existiran corrents d'aire, per tant aquest tipus de sensors queden descartats.

Els sensors iònics presenten molt bones característiques: permeten la detecció de qualsevol tipus de fum, són molt estables davant pertorbacions externes (aire, temperatura, pressió...), però també presenten un dels inconvenients més notoris: dona falses alarmes en ambients amb pols. Els boscos són ambients molt tranquils, però qualsevol ràfega de vent pot aixecar pols, ja sigui del terra o dels mateixos arbres, cosa que faria saltar una falsa alarma d'incendi.

El detector de fum que menys inconvenients presenta i millor capacitat de treball té és el detector fotoelèctric de raigs reflexats: són autoregulables per la brutícia i poden avisar quan estan molt bruts i el seu funcionament podria no ser el correcte, és a dir, que la tasca de manteniment seria més senzilla ja que seria el mateix sensor el que ens indicaria quan tocaria netejar-lo; és molt resistent als corrents d'aire, fet que permet una millor detecció d'incendis i té una gran rapidesa de resposta, ja que necessita menys fum per fer saltar l'alarma, cosa que permetria una actuació ràpida entre d'altres. Presenta però un inconvenient: no detecta els fums negres. Tot i que és cert que en un bosc, quan hi ha un incendi, el que es crema principalment són els arbres i la vegetació que provoquen un fum blanc-grisos, si l'incendi s'iniciés per la combustió de cautxú, plàstics, petroli o algun material acrílic, el fum seria de color negre i el sensor no el detectaria. Quan el foc s'escampés i comencés a cremar vegetació i arbres i el fum es convertís en un color més blanquinós llavors si que podria detectar-lo però potser seria massa tard i el foc s'hauria escampat en excés cremant masses hectàrees.

Com s'ha pogut veure cap detector reuneix suficients característiques bones sense presentar-ne una que impedeixi la seva utilització. Per tant s'hauran d'estudiar altres tecnologies que puguin oferir millors solucions.

4.2.- Alternativa 2: Càmeres de vídeo.

No existeix millor manera que detectar un incendi que no sigui a través del propi ull humà, segurament és la millor i més fiable eina quan s'ha de percebre si està passant o no quelcom. Per aquest mateix motiu utilitzar una càmera d'alta qualitat muntada al dron és una altra opció a considerar. Avui en dia, la majoria dels drons comercialitzats incorporen càmeres capaces de ser programades per anar prenent fotografies i per realitzar gravacions d'alta qualitat. La detecció de l'incendi la realitzaria doncs una persona des d'una estació de control que estigués contínuament observant a través d'una pantalla tot el que sobrevola el dron. En el

cas que veies una zona on existeix o s'està iniciant un incendi, tant sols hauria d'avisar als bombers de la localització exacta de l'incendi informació proporcionada pel dron.

Per una banda sembla un sistema de detecció senzill i eficaç, però depèn molt de l'operari; cal recordar que el dron sobrevolarà el bosc a grans alçades i si l'operari no està lo suficientment atent o l'incendi just s'està iniciant i encara és molt petit com per percebre'l a simple vista aquest podria passar desapercebut. A més l'ull humà no és perfecte i no és capaç de captar tot el que es visualitzi per la pantalla si la velocitat de vol del dron és massa alta.

4.3.- Alternativa 3: Càmeres tèrmiques o infraroges.

Les càmeres tèrmiques o infraroges són uns dispositius que, a partir de les emissions de raigs infrarojos dels cossos detectats, formen imatges lluminoses visibles per l'ull humà. Tots els cossos a una temperatura per sobre del zero absolut (-273 °C o 0 K) emeten radiació infraroja (calor). En general com més alta és la temperatura d'un cos més gran és la quantitat de radiació emesa. Aquestes càmeres operen amb longituds d'ona a la zona de l'infraroig tèrmic, és a dir, entre els 3 µm y 14 µm, que equival aproximadament a temperatures entre els -20 i els 350 °C.

Les càmeres tèrmiques disposen d'un sensor tèrmic que al rebre la radiació infraroja s'escalfa i canvia la seva resistència elèctrica. Aquesta variació es mesura i s'equipara a una determinada temperatura. Posteriorment se li assigna un color a cada temperatura formant així una imatge acolorida que serà la que veurem per pantalla (Figura 6). Normalment s'empren colors blavosos a les zones més fredes i colors vermellosos a les zones més calentes.

El principi de funcionament d'aquest sistema és el mateix que el de les càmeres de vídeo. Com s'ha comentat darrerament l'ull humà té una gran capacitat de percepció d'informació; però si el dron vola a una alçada considerable es poden escapar alguns detalls que poden generar confusions a l'hora de determinar si existeix un incendi o no. Amb les càmeres tèrmiques s'elimina la possibilitat de confusió ja que al crear una escala de colors en funció de la temperatura, tot i que l'ull humà no pugui distingir que és exactament el que hi ha, podrà veure que existeix un punt calent dins del bosc, és a dir, tot el que es vegi per la

pantalla estarà de color blau (zona freda o temperatura normal) i la zona d'estudi apareixerà de color groc i/o vermell (zona calenta o temperatura elevada).

Com les càmeres tèrmiques ofereixen la possibilitat de treballar com a sensors de temperatura i com a càmeres de vídeo normals, quan l'operari veies una focus calent (gràcies a l'escala de colors), si no veu nítidament que és el que provoca aquest augment de temperatura podrà canviar a la càmera normal per acabar de valorar si es tracta de foc o no.

Utilitzant aquesta tecnologia el dron podrà sobrevolar de forma més ràpida perquè l'ull humà no ha de fixar-se tant en els detalls sinó que només ha d'observar l'existència o no de punts grocs i/o vermells.

4.4.- Alternativa 4: Mapes tèrmics.

Els mapes tèrmics són representacions de la realitat amb un patró de colors definit. De la mateixa manera que a les càmeres tèrmiques, en aquests, es defineix una escala de temperatures i a cada una d'elles se li associa un color. Així doncs els mapes tèrmics representen la realitat "acolorida" en funció de la temperatura a la que es trobi cada zona del mapa.

El principi de funcionament és el mateix que les càmeres tèrmiques però amb una petita diferència: les càmeres tèrmiques ofereixen la distribució de temperatures al mateix instant en que s'enfoca la càmera a la zona d'on es vol saber la temperatura; en canvi els mapes tèrmics no s'obtenen instantàniament, primer es prenen unes fotografies o vídeos, després es processen i finalment s'obté el mapa tèrmic.

Això pot ser un inconvenient però alhora un avantatge. En primer lloc com a inconvenient trobem que per comprovar/detectar l'existència d'un incendi l'operari situat a l'estació de control haurà d'esperar a que el dron retorni a aquesta, haurà de processar la informació recopilada pel dron durant el vol i finalment generar el mapa tèrmic. Com es pot veure és un procés llarg i que podria fer que el foc es dispersés sense que l'operari sàpigues res del que està succeint al bosc. Però com a contrapartida s'ha de dir que és la tecnologia més exacte ja que, un cop generat, el mapa tèrmic permet saber la posició exacta de l'incendi, les hectàrees que cobreix, la alçada de les flames, intensitat del foc, direcció de l'incendi entre molts altres paràmetres importants a l'hora d'extingir un foc. Existeixen dos tipus de mapes tèrmics: els plans i els 3D (Figura 7).

4.5.- Alternativa 5: Ortomosaics.

Una ortofotografia és una presentació fotogràfica d'una zona de la superfície terrestre en la que tots els elements presenten la mateixa escala, lliure d'errors i deformacions. Un ortomosaic doncs s'aconsegueix mitjançant un conjunt d'ortofotografies, és a dir, imatges aèries (preses per un avió o satèl·lit) que han estat corregides per representar una projecció ortogonal sense efectes de la perspectiva.

Amb els ortomosaics és possible realitzar mesures exactes; diferent succeeix en una fotografia on la perspectiva generada per l'alçada o velocitat amb la que es mou la càmera pot causar deformacions. Per tant un ortomosaic combina les característiques de detall d'una fotografia aèria amb les propietats geomètriques d'un plànol. "Google Maps" és un dels exemples més clars d'aquesta tecnologia.

Com es podria aplicar aquesta tecnologia a la detecció d'incendis? Doncs el principi de funcionament seria el mateix que els mapes tèrmics però en aquest cas el que s'obtidria a l'ordinador no seria un mapa acolorit en funció de les temperatures, sinó que s'obtidria com una espècie de fotografia aèria del que està succeint. Com s'ha comentat anteriorment d'aquest ortomosaic es podrien realitzar mesures precises per saber el nombre d'hectàrees devastades pel foc, seguir l'evolució de l'incendi etc. Actualment aquests tipus de mosaics són realitzats amb drons que ja porten incorporades unes càmeres especials per a realitzar ortofotografies.

4.6.- Selecció de la millor tecnologia.

Un cop presentades totes les tecnologies que podrien ser la solució a la tasca més crítica del sistema, la detecció del foc, es procedirà a la comparació de totes elles i finalment es seleccionarà l'opció que més s'adeqüi. Cal recordar que la manera de detectar el foc ha de ser ràpida i eficaç, és a dir s'ha de triar un sistema que permeti detectar l'incendi de forma ràpida per evitar que el foc s'escampi per tot el bosc i que les conseqüències siguin dràstiques, i fiable per no activar una alarma d'incendi quan realment no calgui.

Taula 2.- Avantatges i inconvenients de les tecnologies detectores d'incendi.

Tecnologia	Avantatges	Inconvenients
Detectors de fum sense fils	Solució econòmica.	Molt sensibles a variables externes (vent, brutícia, pols...)
	Senzillesa d'instal·lació i operativitat.	No proporciona informació de la zona on s'ha produït l'incendi.
	Tecnologia aplicable a qualsevol dron.	Característiques molt variables en funció del model.
		Abast del senyal petit.
Càmeres de vídeo	Senzillesa.	
	Informació instantània de la zona d'estudi.	Focalització total de l'operari a la pantalla.
	Solució econòmica.	Limitacions de l'ull humà.
	Tecnologia aplicable a qualsevol dron.	Depenent de la alçada de vol del dron la tecnologia perd eficàcia.
	No dependència de tecnologies sofisticades.	Només permet conèixer l'existència o no d'incendi. No proporciona cap informació extra.
	Operari no necessita tenir coneixements de cap tecnologia en especial.	
Càmeres tèrmiques	Capacitat de cobrir grans extensions de terreny.	
	Sensibilitat molt elevada.	
	Permet determinar zones calentes propenses a iniciar un incendi sense que aquest s'hagi iniciat.	Reducció de l'autonomia del dron al haver de carregar el pes de la càmera tèrmica.
	Informació instantània de la zona d'estudi. Permet actuació ràpida.	Cost de reparació i manteniment de la càmera tèrmica elevat.
	Informació molt detallada de la zona d'estudi.	Cost de la càmera.
	Tecnologia molt precisa i amb un gran avast.	
	Doble funció: càmera tèrmica i càmera normal	

		Tecnologia cara.
Mapes tèrmics	Molta precisió a l'hora de detectar l'incendi.	No es pot detectar l'existència o no d'un incendi fins que es traspassi la informació recopilada pel dron a un ordinador.
	Proporciona informació de la posició exacta s'està produint l'incendi.	Lentitud d'actuació.
	Permet tenir una representació de la realitat a l'ordinador.	Es requereix coneixement en softwares de generació de mapes tèrmics 3D.
	Permet conèixer informació molt rellevant de l'incendi: hectàrees cremades, direcció de l'incendi etc	Imatge estàtica. Cada cop que es vulgui actualitzar l'estat de l'incendi el dron ha de sobrevolar per recopilar informació de nou.
		Lentitud d'actuació.
Ortomosaics	Proporciona informació de la posició exacta s'està produint l'incendi.	No es pot detectar l'existència o no d'un incendi fins que es traspassi la informació recopilada pel dron a un ordinador.
	Molta precisió a l'hora de detectar l'incendi.	El procés de creació del mosaic a partir de les fotografies és lent.
	Permet conèixer informació molt rellevant de l'incendi: hectàrees cremades, direcció de l'incendi etc	La tecnologia emprada (fotometria) és complicada. No tots els drons poden realitzar vols que permetin prendre aquest tipus de fotografies.
	Permet tenir una representació de la realitat a l'ordinador.	Imatge estàtica. Cada cop que es vulgui actualitzar l'estat de l'incendi el dron ha de sobrevolar per recopilar informació de nou.

De totes les tecnologies vistes anteriorment d'entrada n'hi ha una que tot i presentar característiques interessants, com ara la senzillesa d'instal·lació i operativitat i la possibilitat d'aplicar-la a qualsevol dron, queda descartada com a solució. Es tracta dels sensors detectors

de fums sense fils que presenten dos inconvenients que fan incompatible el seu funcionament amb el sistema plantejat.

En primer lloc i més important és l'abast d'aquest sensors; aquests estan dissenyats per a ser emprats en habitacles, naus industrials etc, és a dir, habitacles o zones no molt grans en quant a extensió comparats amb un bosc. Això permet que si es produeix un incendi el sensor enviï un senyal d'alarma a la centraleta i aquesta activi el senyal sonor d'alarma, o faci saltar els aspersors en funció de quina sigui la instal·lació. Al implementar un sensor d'aquests a un dron, aquest sobrevolarà el bosc arribant a un punt on s'allunyi tant del lloc on estigui col·locada la centraleta que es perdrà la connexió sensor-centraleta i no es podrà enviar el senyal d'alarma en el cas que es produís un incendi.

En segon lloc, les característiques dels sensors varien molt en funció del tipus escollit. No existeix cap detector de fum que reuneixi suficients característiques favorables sense tenir-ne una tant desfavorable que impossibiliti l'ús d'aquest (sensibilitat a l'aire, no detecta a grans alçades, no detecta tots els tipus de fum,...).

Tal i com s'ha vista als apartats 4.4 i 4.5 els mapes tèrmics i els ortomosaics funcionen de manera molt semblant: primer el dron sobrevola el bosc, recopila la informació i fins que no retorna a l'estació de control i es processa la informació mitjançant els softwares adients, l'operari no podrà determinar l'existència d'incendi o no. És ben cert que un cop processada la informació són les tecnologies més fiables, precises i eficaces, a més permeten obtenir informació rellevant sobre l'incendi: hectàrees cremades, direcció de l'incendi, etc.

Tot i presentar aquest avantatges presenten tres “*handicaps*” en comparació amb les altres tecnologies estudiades. En primer lloc no compleixen un dels requisits essencials definits a l'inici d'aquest treball: permetre una detecció ràpida. No es pot detectar un incendi sense que la informació hagi estat processada prèviament i això provoca que, des de que s'inicia l'incendi fins que el dron retorna a l'estació de control, es processa la informació i es detecta, pot passar un temps molt valuós per a la vida del bosc. En segon lloc es tracta d'una tecnologia estàtica, és a dir, que la informació recopilada pertany a un instant del temps determinat i aquest no varia en cap moment. En el cas que es volgués actualitzar l'estat de l'incendi el dron hauria de tornar a sobrevolar el bosc per recopilar la informació i que aquesta fos processada. I en tercer i últim lloc, els operaris situats a les estacions de control haurien de tenir coneixements d'aquestes tecnologies per poder emprar-les amb fluïdesa. Com

a últim punt negatiu cal dir que, en el cas dels ortomosaics, no tots els drons són capaços de realitzar aquesta tasca i per tant es necessiten drons especialitzats.

Per tots aquests motius es descarten les tecnologies dels mapes tèrmics i els ortomosaics.

Per últim, doncs, queden per comparar les càmeres de vídeo amb les càmeres tèrmiques. A diferència dels mapes tèrmics i ortomosaics, són dues tecnologies que ofereixen imatges dinàmiques, és a dir, que retransmeten en temps real i contínuament tot el que succeeix al bosc i permet a l'operari rebre informació detallada i de forma continua sense haver d'esperar a que el dron retorni a l'estació de control.

Com s'ha comentat les càmeres de vídeo parteixen amb l'inconvenient de les limitacions de l'ull humà. Aquest, depenent de la alçada i a la velocitat que voli el dron, no es capaç de percebre tot el que es enregistrat per la càmera amb nitidesa, cosa que pot provocar que un incendi molt petit passi desapercbut. Tot i això, és una tecnologia molt senzilla, ofereix informació instantània de la zona d'estudi i pot ser implementada en qualsevol dron.

Totes aquestes característiques positives les ofereix també la càmera tèrmica. Tot i ser una opció menys econòmica corregeix l'inconvenient de les limitacions de l'ull humà. Gràcies a la seva capacitat d'acolorir el bosc, en funció de la temperatura, facilita la tasca a l'ull humà que no haurà d'estar pendent de percebre en detall que està succeint al bosc, sinó que només haurà d'estar atent per veure si apareix una taca groga i/o vermella al mapa.

Les càmeres tèrmiques no només poden detectar un incendi un cop s'ha iniciat sinó que, com es visualitza la temperatura del bosc, es poden preveure incendis al observar punts calents del mapa. Si queda algun dubte de si la tecnologia escollida ha de ser la càmera tèrmica, cal dir que, si es necessita, la càmera tèrmica pot actuar com a càmera normal.

Per tots aquests motius les càmeres tèrmiques són la tecnologia més adient per a la detecció i prevenció d'incendis.

5.- MUNTATGE DRON-CÀMERA TÈRMICA.

Un cop vist que la tecnologia més adient és la càmera tèrmica caldrà veure com aquesta s'instal·larà a un dron. Per fer-ho s'ha realitzat un estudi de mercat per veure quins tipus de càmeres tèrmiques existeixen, i també s'ha fet el mateix amb els drons. Tant de càmeres tèrmiques com de drons se'n poden trobar infinitud de models al mercat; per tant escollir quina és la millor combinació d'ambdues tecnologies sembla gairebé impossible, perquè potser la millor càmera tèrmica no es compatible amb el millor dron o alguna característica impedeix el funcionament correcte, etc.

El nombre d'empreses dedicades a la venda de drons augmenta dia rere dia. A mesura que els drons s'han anat convertint en una eina més freqüent, aquestes empreses s'han especialitzat en oferir diverses solucions als problemes plantejats. Per tant el que s'ha fet es posar-se en contacte amb diverses empreses plantejant el problema a resoldre (detectar un incendi amb un dron i una càmera tèrmica) i s'han estudiat les diverses possibilitats ofertes.

5.1.- Estudi d'alternatives.

A continuació es presenten totes les opcions tingudes en compte (amb càmera tèrmica ja incorporada) i els seus avantatges i inconvenients principals:

Taula 3.- Avantatges i inconvenients de les solucions proposades.

Solució	Avantatges	Inconvenients
Aibot ^{X6}	Software d'auto-pilotatge incorporat. Bones característiques de vol (velocitat màxima, alçada etc).	Autonomia del vol (20 min). Abast del dron (1 km). Temperatura d'operació (-10 a 40 °C) Preu elevat (a partir de 27.000€)

Matrice 100 + Zenmuse XT	Abast del dron (5km)	Software d'auto-pilotatge no incorporat.
	Autonomia de vol (fins a 40 min).	No pot carregar molt pes.
	Temperatura d'operació (-15°C a 90 °C).	Més fràgil que els altres drons.
	Econòmic en comparació amb els altres drons (7.512 €)	
	Muntatge modular.	
Inspire 1 + Zenmuse XT	Abast del dron (5km)	Autonomia de vol (fins a 20 min).
	Econòmic en comparació amb els altres drons (8.298€)	Temperatura d'operació (-10°C a 40 °C).
	Varietat de funcions de vol.	Software d'auto-pilotatge no incorporat.

5.2.- Selecció d'alternativa més adequada.

Sembla clar doncs que la millor opció és el dron “*Matrice 100*”. Si el que es busca es sobrevolar un bosc interessa un dron amb la màxima autonomia possible i el màxim abast possible. El “*Matrice 100*” és el que ofereix més d'aquestes dues característiques. A més és el més econòmic dels tres, en part perquè el material de que està fet no es tant resistent als cops com els altres. Però si la trajectòria es programa de forma adequada no ha de patir cap impacte. Com a característica a destacar trobem que és un dron de muntatge modular, és a dir, que no es compacte, i per tant, qualsevol peça pot canviar-se de forma ràpida. A més el seu rang de temperatures d'operació va des dels -10 °C fins als 90 °C.

Aquest sistema consisteix en la combinació del dron “*Matrice 100*”o el drone l'empresa DJI i la càmera tèrmica “*Zenmuse XT*” de l'empresa FLIR. Ambdues empreses són líders en els seus respectius camps: drons i càmeres termogràfiques.



Imatges 6 i 7-. Dron “Matrice 100” i càmera tèrmica “Zenmuse XT”

Aquesta càmera captura les imatges de forma molt ràpida, amb precisió mil·limètrica, de grans àrees i les guarda per al posterior anàlisi i presentació d’informes.

La càmera proporcionada per FLIR proporciona una gran sensibilitat en quant a la temperatura (50 mK). Aquesta sensibilitat proporciona mesures molt acurades ideals per fer anàlisis i telemetries (sistemes de mesura de magnituds físiques que permet transmetre les dades obtingudes a un observador llunyà). De la manera com està muntada, la càmera permet una rotació de 360 graus.

El *Matrice 100* permet ser controlat completament a través de l’aplicació “*DJI Go*” que pot ser instal·lada a qualsevol smartphone o tauleta (preferiblement d’*Apple*) (Figura 8). Des del dispositiu on s’instal·li es podrà observar, en temps real, tot el que sobrevola el dron i alhora accedir a determinades funcions incorporades a l’aplicació. Les funcions més destacades per l’ús que se li vol donar al dron són: mesura de la temperatura en el punt central de la pantalla, zoom digital, diversos modes de fotografia, gravació de vídeo, mode isoterma, regió d’interès, taula de consulta, control del dron, entre d’altres.

Com a últimes característiques del dron cal esmentar que la bateria que incorpora té una autonomia d’uns 40 minuts aproximadament (si es compra una bateria extra TB48D) i que pot cobrir, aèriament, una circumferència de 5 km de radi. Es tracta d’un dron petit i bastant lleuger, tant sols pesa 2431 gr, sense tenir en compte la càmera tèrmica. Una característica a destacar és el rang de temperatures en el que pot treballar el dron (-15 a 90°C). (Per a més especificacions tècniques consultar Annex V).

Per últim s’ha de comentar que el preu del conjunt “*Matrice 100*” de DJI i càmera tèrmica “*Zenmuse XT*” és d’uns 7.512 € aproximadament.

Per automatitzar al màxim el sistema detector d'incendis i alliberar a l'operari, situat a l'estació de control, de les tasques de pilotatge s'utilitzarà un software compatible amb el dron seleccionat anomenat "*AutoPilot*". Aquest software està desenvolupat per l'empresa "*Auto Flight Logic*" i té un preu de 29,99 €. L'únic inconvenient que trobem és que només és compatible amb el sistema operatiu *iOS* d'*Apple*.

Aquest software incorpora una gran quantitat de modes de vol que poden ser programats per al dron. De tots aquests modes els dos que més interessin en aquest projecte són els anomenats: "*Waypoints*" i "*Orbit*".

El primer de tots (Figura 9) permetrà que l'operari situat a l'estació de control no hagi de tenir coneixements de com pilotar un dron. Amb la funció *Waypoints* s'establiran diversos punts GPS o punts de referència dibuixant una trajectòria sobre el mapa de la zona a controlar i el dron volarà automàticament passant pels punts definits. Amb aquesta funció l'operari només haurà de prestar atenció a la càmera tèrmica per detectar un incendi i oblidar-se de pilotar el dron. Amb la funció *Waypoints* activada el dron pot volar a velocitats entre 2 i 36 mph (0,89-16,1 m/s) i elevar-se una alçada respecte del terra entre 26 i 366 ft (8 i 111,55 metres).

L'altre funció destacada és l'anomenada *Orbit* (Figura 10). La combinació d'aquesta funció amb *Waypoints* permet crear un dispositiu molt efectiu a l'hora de detectar els incendis. Amb aquesta permet, a través de la pantalla tàctil de comandament, seleccionar un punt de la trajectòria per la qual està sobrevolant el dron i aquest deixarà de seguir la trajectòria per començar a volar realitzant circumferències al voltant del punt seleccionat. Amb aquesta funció es pot seleccionar la velocitat de vol entre 2 i 17 mph (0,89 i 8 m/s), l'alçada de vol respecte del terra entre 26 i 366 ft (8 i 111,55 metres) i per últim el radi de la circumferència entre 13 i 984 ft (4 i 300 metres).

L'ús d'aquesta modalitat de vol queda bastant clar. En el cas que l'operari detecti, a través de la càmera tèrmica, un punt (zona) del mapa propici per a l'aparició d'un incendi o un punt on ja s'hagi iniciat, aquest només haurà de seleccionar l'opció *Orbit*, clicar sobre el mapa allà on vulgui que el dron comenci a volar realitzant circumferències. D'aquesta manera l'operari podrà analitzar amb més detall la zona d'estudi i determinar amb precisió si realment

existeix perill d'incendi. Si a simple vista no es pot observar, l'operari prendrà fotografies i vídeos si escau i les analitzarà a l'ordinador des de l'estació de control on es trobi.

Per últim una altra eina que pot ser útil i que incorpora és l'anomenada "*Return to Home*". Aquesta fa que, al seleccionar-la, el dron deixi de realitzar qualsevol mode de vol que estigues fent i retorni, realitzant la trajectòria més curta possible, a la posició des d'on s'ha enlairat i automàticament aterri.

6.- ZONA D'ESTUDI.

Per seguir amb el disseny del sistema s'ha de definir una zona d'estudi per, posteriorment, poder definir altres paràmetres d'estudi com serien: el nombre de drons utilitzats, les estacions de control, paràmetres de vol, el cost de la instal·lació, etc.

Aquest projecte ha estat concebut com a el disseny d'un sistema de detecció d'incendis en boscos o zones on existeixi vegetació, ja que és en aquestes zones on els incendis s'escampen més ràpidament i on són molt més complicats de controlar.

A poder ser, seria interessant que la zona triada fos propera a Barcelona, ja que és on es desenvoluparia inicialment el projecte i així qualsevol error i/o modificació que es trobés o s'hagués de realitzar al sistema el desplaçament seria mínim i per tant el temps de actuació també ho seria.

Per tant una bona zona d'estudi propera a Barcelona podria ser la Serra de Collserola, on el Juny del 2015 es va produir un incendi que va cremar unes 30 hectàrees molt properes a la ciutat comtal. Es van haver d'evacuar alguns veïns i la carretera a Cerdanyola BV-1415 va romandre tallada pels bombers degut a tasques d'extinció del fosc. Tot i que va ser un incendi petit, seria un escenari ideal per a comprovar l'efectivitat d'aquets dispositius.

Responsabilitzar a un projecte en desenvolupament la vigilància de tot el parc natural de Collserola (85,6 km²) seria una negligència, ja que si s'iniciés un incendi i el sistema ideat fallés el foc podria escampar-se molt ràpidament provocant danys irrevocables. Per aquest motiu s'ha decidit realitzar l'estudi en una secció del parc que es mostra a continuació remarcat en vermell.

La zona d'estudi té una extensió d'uns 33km² (figura 11) aproximadament i està situada entre els municipis de Barcelona (barri d'Horta-Guinardó), Cerdanyola i Sant Cugat del Vallès. Per l'interior d'aquest bosc s'escampen una sèrie de camins que defineixen diversos circuits molt freqüentats per la gent que va a passejar o bé circula en bicicleta, sobretot als caps de setmana.

La gran afluència de gent i la proximitat a la ciutat han estat altres motius de pes a l'hora de seleccionar aquest bosc, en cas de que s'iniciés un incendi les conseqüències podrien ser molt crítiques, tant per les persones que estiguessin passejant pel bosc, o pels veïns de Barcelona, Sant Cugat i Cerdanyola a les quals els hi arribaria el foc de manera ràpida.

A continuació s'hauran de definir paràmetres com: el nombre de drons a utilitzar per cobrir de forma eficient aquesta extensió de terreny, el nombre d'estacions de control a situar...

7.- DRONS I LES ESTACIONS DE CONTROL.

7.1.- Estacions de control.

Les estacions de control són un altre punt clau en aquest treball. Aquestes no són més que unes instal·lacions que tindran dues tasques principals.

En primer lloc, és des d'on els drons iniciaran la seva trajectòria en busca d'algun incendi i a on l'acabaran i a més serà aquí on es carregaran després de cada servei.

Per una altra banda també és on estarà situat l'operari i des d'on es realitzarà la verificació de si l'incendi detectat pel dron ho és realment o no. En cas afirmatiu, serà l'operari qui avisarà als bombers. L'operari també haurà de supervisar que tot el sistema funcioni bé. Com s'ha comentat anteriorment, aquest no necessitarà tenir coneixements de pilotatge de drons ja que aquests s'enlairaran, volaran i aterran sols, però a canvi haurà d'estar molt pendent del sistema detector. Haurà d'observar l'existència d'algun color groguenc o vermellós a la pantalla per on es retransmetrà tot el que sobrevola el dron; i en cas de dubte d'incendi haurà d'activar la funció “Orbit”. Haurà també de seleccionar l'opció “Waypoints” quan vulgui que el dron iniciï un servei.

Les localitzacions de les estacions de control s'han de definir amb cura, ja que han d'estar col·locades estratègicament per que els drons puguin cobrir el màxim terreny possible. Per una altra banda les estacions de control han d'estar ben situades per permetre una fàcil arribada de l'operari que realitzarà el servei. No poden estar situades en mig del bosc, ja que dificultaria l'accés tant de l'operari com d'algun tècnic si algun artefacte fallés. A més, en cas d'incendi, l'operari podria quedar atrapat dins del bosc envoltat per les flames. Per tant, ja sigui per motius d'accessibilitat, com per motius de seguretat, les estacions de control no poden estar situades a l'interior del bosc.

A continuació es presentaran algunes possibles localitzacions de les estacions de control i, més endavant, s'acabaran escollint en funció de les trajectòries a realitzar. Per seleccionar quines localitzacions són les millors s'han tingut en compte diferents paràmetres: facilitat d'accés, visió del bosc, senzillesa d'instal·lació i seguretat en cas d'incendi.

En primer lloc l'opció és situar una estació de control al cim del “Tibidabo”. És la muntanya més alta de tot el parc natural de Collserola amb una alçada de 516,2 metres. Al ser

el punt més alt, és des d'on es podria observar tot el parc natural amb millor perspectiva. A més és una zona molt accessible per a un possible operari i al tractar-se d'una zona on hi ha un parc d'atraccions, una església, entre altres, es podria adaptar algun petit espai en desús per fer-lo servir com a estació de control. Està situat a un extrem del bosc, així doncs, s'eviten els problemes plantejats anteriorment de les estacions situades en mig del bosc.

En segon lloc el cementiri de Collserola situat a la zona nord-est del bosc a controlar, és un espai idoni per a la instal·lació d'una estació de control. L'alçada respecte del nivell del mar no és una de les característiques a destacar, però la seva proximitat a la ciutat comtal i a Ciutat Meridiana fan que l'accés a la zona, en cas de necessitar-ho, sigui molt ràpid. A més, en aquest cas també es podria aprofitar alguna sala en desús per instal·lar-hi una estació de control.

Per últim, es podria situar una estació de control a on està situat el "*Mètode Essentis*", un centre de tractament de paràlisis cerebral i altres trastorns, que ofereix unes instal·lacions molt grans, de fàcil accés i amb moltes zones aprofitables. És una zona molt ben localitzada en quant a termes de trajectòria, ja que està en una posició molt centrada i permetria l'arribada dels drons a qualsevol punt del bosc. L'inconvenient d'aquesta àrea és que és una zona per a la recuperació de persones malaltes i que està situada en mig del bosc per buscar tranquil·litat i calma i allunyar-se de la ciutat i dels sorolls provinents d'ella, i el fet de estar contínuament enlairant i aterrant drons podria pertorbar la tranquil·litat del lloc. Tot i estar una mica endinsat al bosc, a aquesta zona s'accedeix mitjançant la carretera principal que travessa Collserola, per tant existeix una via ràpida d'accés.

Un cop plantejades les possibles localitzacions de les estacions de control es passaran a definir altres paràmetres i quan arribi el moment, depenent del nombre d'estacions necessàries, es triaran alguna de les tres plantejades.

7.2.- Paràmetres de vol.

7.2.1.- Velocitat de vol i trajectòria.

El nombre de drons a utilitzar i localització de les estacions de control a instal·lar per cobrir de forma eficient la zona d'estudi seleccionada quedaran definits per les

especificacions del dron (*Matrice 100*). L'abast del dron, la velocitat de vol i l'autonomia de la bateria, són els paràmetres que s'hauran de tenir en compte.

En primer lloc l'abast; el dron no podrà allunyar-se una distància il·limitada de la posició de partida, ja que arribarà un moment que es trobi tant lluny que el senyal de connexió entre el controlador i el mateix dron sigui tant dèbil que no permetrà controlar-lo. Aquest paràmetre és important per dos motius: per saber quina quantitat d'extensió de terreny pot cobrir el dron i per saber fins a on es poden seleccionar els “*Waypoints*” pels quals passarà el dron. En la gran majoria de drons quan es perd el senyal amb el controlador mantenen la posició fins que el controlador s'apropa o bé fins que s'acaba la bateria i cau. Porta incorporat un sistema que, si en algun moment perd el senyal, li permet tornar a la última posició on rebia senyal.

Així doncs, amb les possibilitats que ofereix el software “*AutoPilot*” i les especificacions tècniques del dron, s'han realitzat uns càlculs, justificats a l'*Annex I*, que defineixen els paràmetres de vol del dron:

- Realitzar una trajectòria de 29,9 km de longitud (com a màxim).
- Realitzar vols de fins a 31 minuts.
- Allunyar-se un màxim de 5 km des del punt de partida (Especificacions tècniques, *Annex V*).

7.2.2.- Alçada del vol.

Un altre paràmetre important a tenir en compte és l'alçada de vol del dron. L'alçada és important per diversos aspectes. Primer per salvar tots els obstacles que pugui trobar-se com podrien ser els arbres i les línies d'alta tensió. Segon perquè d'aquesta dependrà la quantitat de terreny vist per la càmera, és a dir, com més alt voli més terreny de bosc podrà veure's.

Aquest paràmetre s'haurà de triar amb cura perquè l'alçada està limitada pel mode de vol *Waypoints* i perquè com més alt voli el dron més petit es veurà tot a través de la càmera i la detecció d'incendis es tornaria més complicada.

Els obstacles a salvar són els arbres i les línies d'alta tensió. D'aquests dos només es tindran en compte les línies d'alta tensió perquè lògicament són més altes que els arbres i si els drons són capaços de salvar l'alçada d'aquestes per tal de no impactar, també seran capaços de salvar l'alçada dels arbres. L'alçada de les línies d'alta tensió depèn de la tensió

transportada. Observant les figures 12 i 13 de l'*Annex III* es pot observar que l'alçada màxima de les línies d'alta tensió que travessen Collserola és de 50 metres. L'alçada màxima respecte el terra que permet la funció *Waypoints* és de 36 ft o el que és el mateix, 111,55 metres per tant les línies d'alta tensió no seran un obstacle, ja que el dron volarà bastant més alt que aquestes. Com el que interessa és veure el màxim de bosc, a través de la càmera, és triarà una alçada de vol igual a la màxima és a dir 111,55 metres. Cal remarcar però l'existència de la torre de Collserola que té una alçada insalvable (288,44 metres); per aquest motiu s'optarà per bordejar-la.

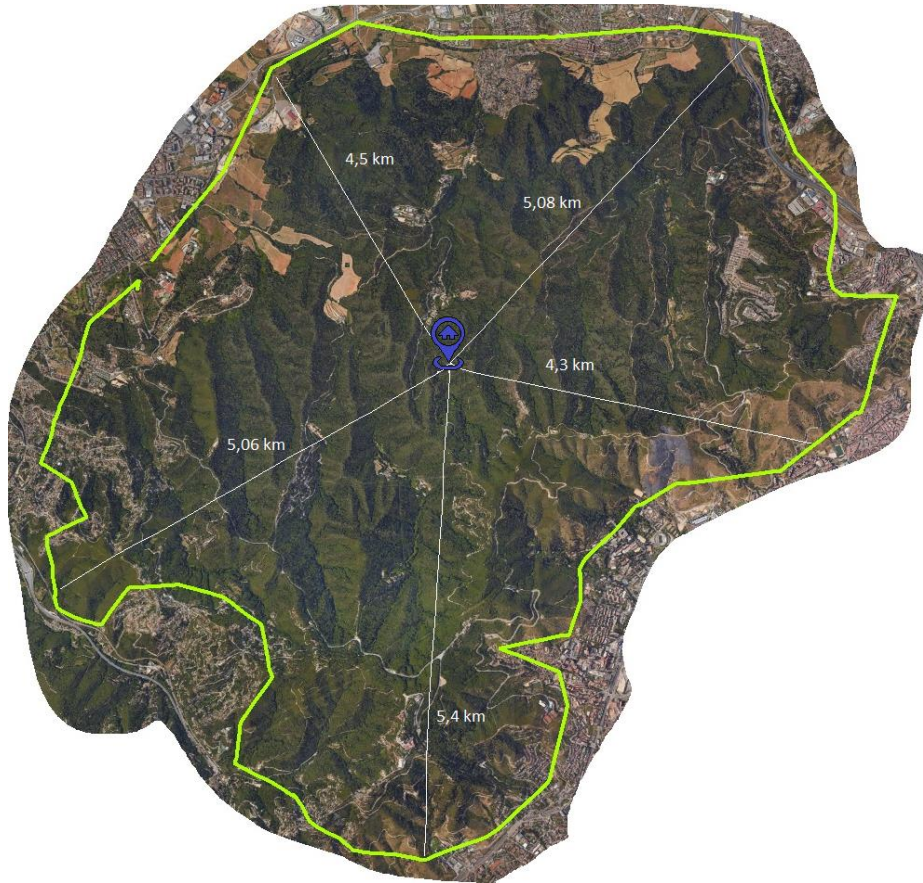
Abans de definir la trajectòria que cal realitzar és important definir la quantitat de terreny que s'observa des de la càmera en cada moment quan el dron sobrevola a 111,55 metres. Amb aquesta porció de terreny es podrà definir una trajectòria que assegurí que el dron visualitzi tot el terreny i no visualitzi dos cops la mateixa zona. Per realitzar aquest càlcul s'ha emprat el camp de visió de la càmera ("*Field of View*" FOV, Figura 14). La porció de terreny vista correspon a un rectangle de 223,10 x 153,33 metres¹.

7.2.3.- Trajectòria.

Per definir la trajectòria de vol, és a dir, el recorregut per on han de passar els drons per sobrevolar el bosc s'han de tenir en compte diversos paràmetres ja calculats. Cal recordar que el dron pot realitzar una trajectòria amb una longitud màxima de 29,9 km. El dron ha de cobrir tota l'extensió de la zona d'estudi sabent que el dron pot cobrir un rectangle de dimensions 223,10x153,33 metres. I per últim cal recordar que el dron no pot allunyar-se més de 5 km de l'estació de control.

Abans de definir la trajectòria que seguiran els drons s'ha d'establir el punt de partida, és a dir, la localització de les estacions de control. L'abast del dron suposa una limitació a l'hora de decidir on posicionar les estacions de control. La superfície de terreny a controlar és tant gran que és impossible, ni tant sols col·locant l'estació de control al centre del bosc, cobrir tota l'extensió amb una sola estació. Això es pot veure amb la següent imatge (per realitzar mesures sobre la zona d'estudi s'utilitzarà el software *Google Earth*):

¹Consultar *Annex I* per als càlculs.



Imatge 8.- Distància del centre del bosc als extrems de la zona d'estudi.

Com s'observa a la imatge 8, l'extensió de la zona d'estudi és tan gran que des d'una sola estació de control resulta impossible cobrir tot el terreny, ja que per arribar a tots els llocs del bosc en alguna zona el dron hauria d'allunyar-se fins a 5,4 km de l'estació de control, superant així l'abast màxim del senyal que és de 5 km.

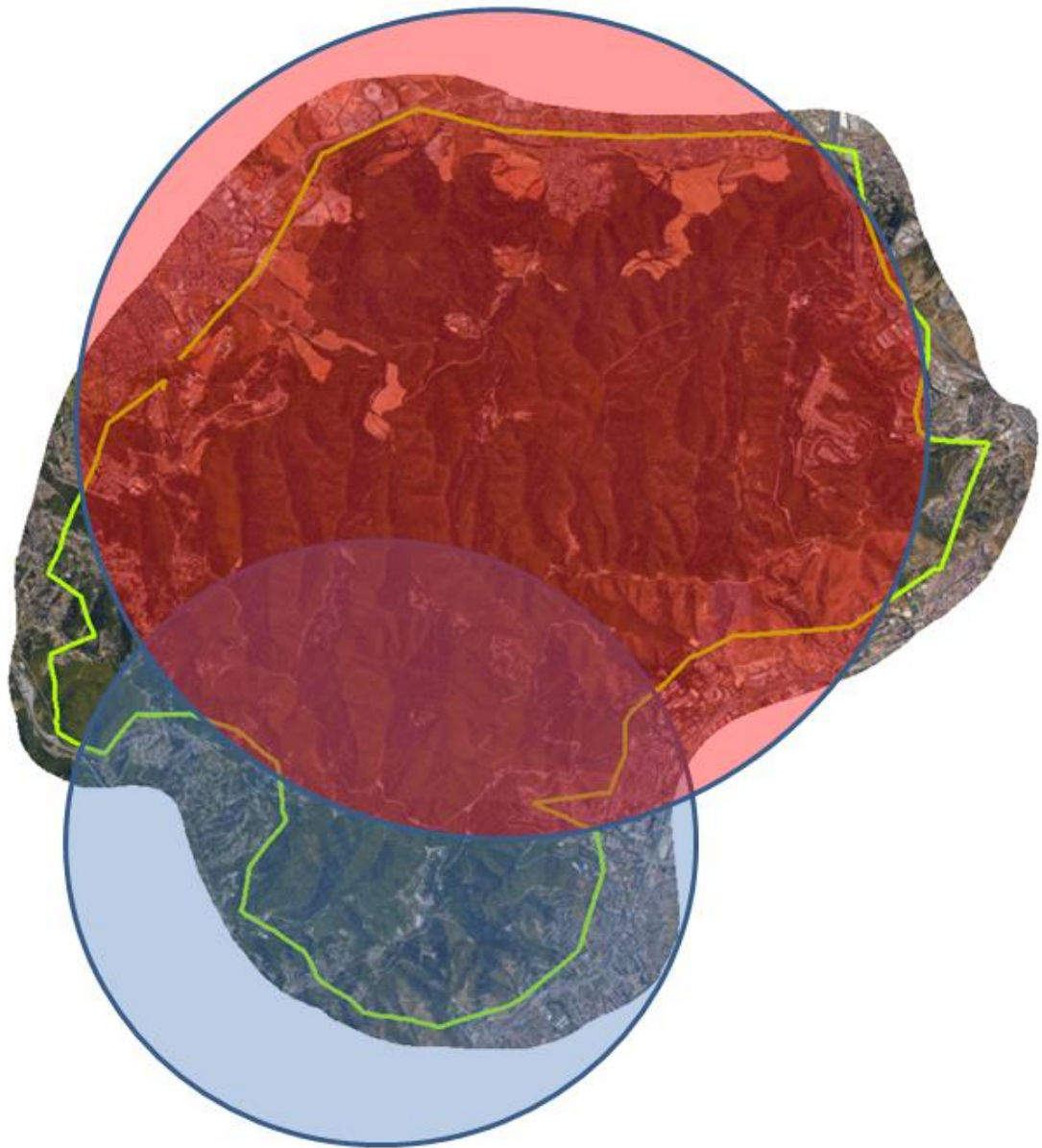
Davant aquest inconvenient es plantegen dues possibles solucions: utilitzar dues estacions de control en comptes de una o bé situar una antena amplificadora del senyal a alguna zona del bosc de forma estratègica per què el dron pugui arribar a qualsevol zona del bosc. Utilitzar dues estacions de control no és l'opció més viable ja que implicaria la contractació de dos operaris i l'objectiu d'aquest treball és buscar un sistema lo més automàtic possible i amb la contractació de dos treballadors es perdria l'essència del projecte. A més el fet de estar vigilant el mateix bosc des de dos punts allunyats pot crear confusions a l'hora de fer saltar l'alarma d'incendis o a l'hora de prendre decisions. Els drons haurien de sortir des d'estacions diferents i tenir un control sobre ells seria més complicat de gestionar.

Per una altre banda utilitzar una antena pot resultar un inconvenient ja que s'ha de buscar una que doni una gran fiabilitat a l'hora d'utilitzar-la ja que si aquesta deixés de funcionar es perdria la connexió amb el dron i suposaria la pèrdua del mateix. Tot i que el dron té la funció de retornar a l'últim punt on rebia senyal en cas de perdre'l, aquesta té certes limitacions. Ambdues solucions tenen pros i contres però per tal d'automatitzar i poder controlar tota la zona d'estudi des d'un sol lloc, i pensant en un futur si aquest projecte es porta a zones d'estudis molt més grans, la millor solució és utilitzar antenes amplificadores de senyal.

En primer lloc s'ha contactat amb l'empresa que fabrica el dron, DJI, s'ha comentat el problema existent de l'abast del dron, però han informat de que ells no fabriquen antenes per al dron *Matrice 100*. Han facilitat, però, unes quantes empreses que si que les fabriquen i han recomanat un model d'antena que ofereix molt bona fiabilitat i que l'amplificació de senyal generat és suficient per al sistema dissenyat. Aquest model és el "*Horizon 2.4 GHz RF amp dual kit*" (figura 15 de l'*Annex III*) que incorpora tant l'antena com l'amplificador del senyal. Aquesta consta de dues parts, una que s'instal·la al comandament del dron, que tot i que no s'utilitza perquè volarà de forma automàtica, és el que enviarà el senyal al dron, i l'altre part s'ha de situar a dins del bosc, a prop de la zona on el dron perdria la connexió en cas de no haver-hi antenes. Aquesta antena augmenta l'abast del dron afegint a l'àrea d'influència normal del dron (circumferència de 5 km de diàmetre) una altre àrea d'influència equivalent a una circumferència de 7,5 km de diàmetre.

Un cop triada l'antena s'ha de decidir la localització d'aquesta. Com que aquesta funciona amb corrent elèctric la idea més lògica és instal·lar-la on existeixi una instal·lació ja feta. Així doncs, instal·lar-la en mig del bosc no és una opció. Seria convenient instal·lar l'antena en una zona centrada dins la zona d'estudi per evitar problemes de connexió. És a dir, si l'antena que amplifica el senyal s'instal·lés en una zona on just s'acaba l'abast "de sèrie" (5 km) del dron, aquest podria entrar en una zona on no actués ni una ni l'altre antena i quedar desconnectat. Com això es vol evitar s'ha triat com a localització una de les opcions que s'havien estudiat per a instal·lar la estació de control: "*el Mètode Essentis*".

A continuació es representen les àrees d'influència de cada antena sobre la zona d'estudi: en blau la que ja porta incorporada el dron i en vermell la extra que s'adquirirà.



Imatge 9.- Àrees d'influència de les dues antenes.

Un cop vist que aquesta antena és la solució ja es pot procedir a definir la localització de l'estació de control. Com l'abast del senyal ja no és un inconvenient, gràcies a l'antena, ara sí que es pot situar l'estació de control allà on es vulgui. La localització escollida serà al cim del Tibidabo. Des d'allà les vistes són immillorables ja que es tracta de la zona més alta de tot el parc natural de Collserola, i en cas de detectar un incendi, l'operari podria inspeccionar també a simple vista l'existència o no del mateix. A més és una zona situada a prop de la ciutat comtal que permet una cosa molt important: una ràpida evacuació en cas d'incendi al voltant de l'estació de control. S'han descartat les localitzacions situades dins el bosc per aquest darrer motiu, ja que l'evacuació seria lenta i més costosa. I per últim s'ha descartat

col·locar l'estació de control al cementiri de Collserola perquè s'ha considerat que no era el millor lloc per instal·lar-la per raons obvies.

Un cop eliminada la restricció de l'abast gràcies a l'antena les úniques restriccions que te el dron són que com a màxim pot realitzar una trajectòria de 29,9 km i que pot inspeccionar un terreny equivalent a un rectangle de 223,10 x 153,33 metres a cada posició que es trobi. Dit això es definiran les trajectòries a realitzar. S'intentarà que el dron cobreixi el màxim de terreny possible en un sol vol, en el cas que un de sol no pugui cobrir tota l'extensió de la zona a estudiar s'hauran d'utilitzar més d'un dron.

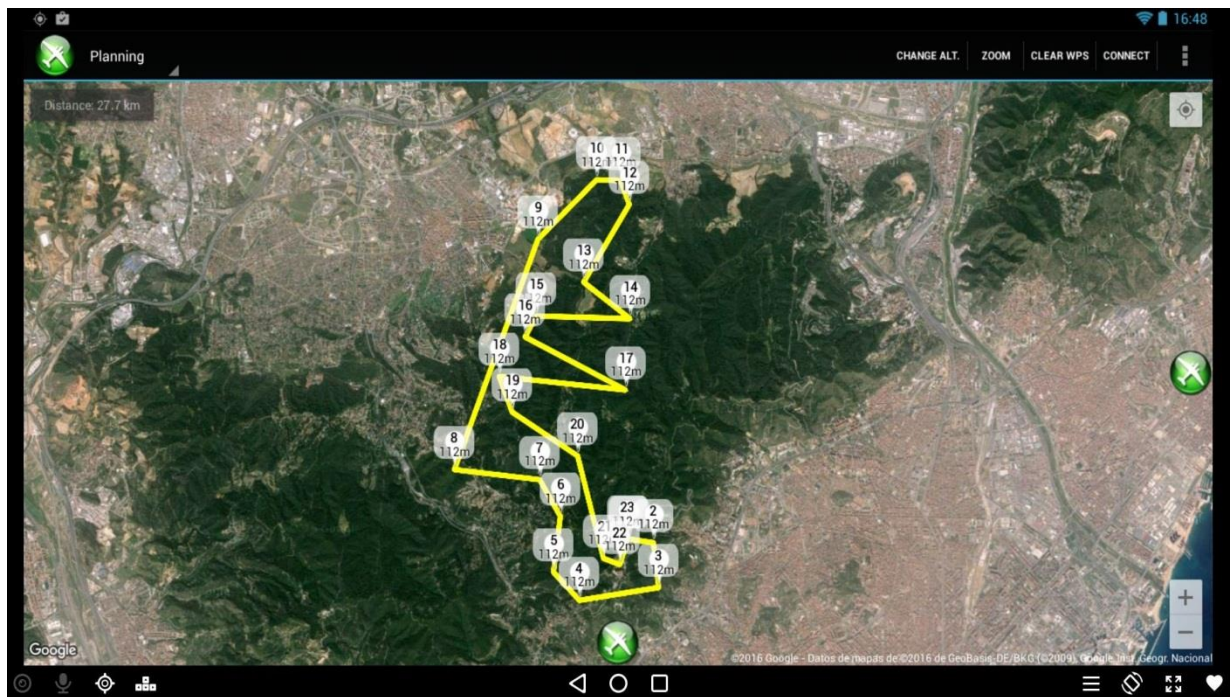
De trajectòries n'existeixen moltes combinacions possibles. L'objectiu principal és cobrir tota l'extensió del bosc. Però no qualsevol trajectòria que ho asseguri serà l'opció més idònia. És a dir, es poden utilitzar 10 drons per cobrir tot el bosc però que aquests no estiguin volant els 31 minuts que poden estar volant com a màxim. Seleccionar aquesta opció seria desaprofitar capacitat dels drons i malgastar diners utilitzant-ne més dels necessaris. L'opció correcta és trobar la quantitat justa de drons que volin el temps màxim que poden volar (31 minuts) i que a l'hora cobreixin tota l'extensió a vigilar. Tot i triar aquesta opció, minimitzar al màxim el nombre de drons assegurant la cobertura total del terreny, segueixen existint moltes trajectòries possibles, i cap més bona que la altre, perquè, al cap i a la fi, és igual quina trajectòria segueixin mentre aquesta permeti maximitzar el temps de vol i, òbviament, sense fer que el dron inspeccioni més d'un cop la mateixa zona.

Per definir les trajectòries s'ha emprat el software "*Droid Planner*" que és un programa que permet l'elaboració de "missions" per a drons. Amb aquest es poden definir moltes coses però les més interessants són les trajectòries i àrees.

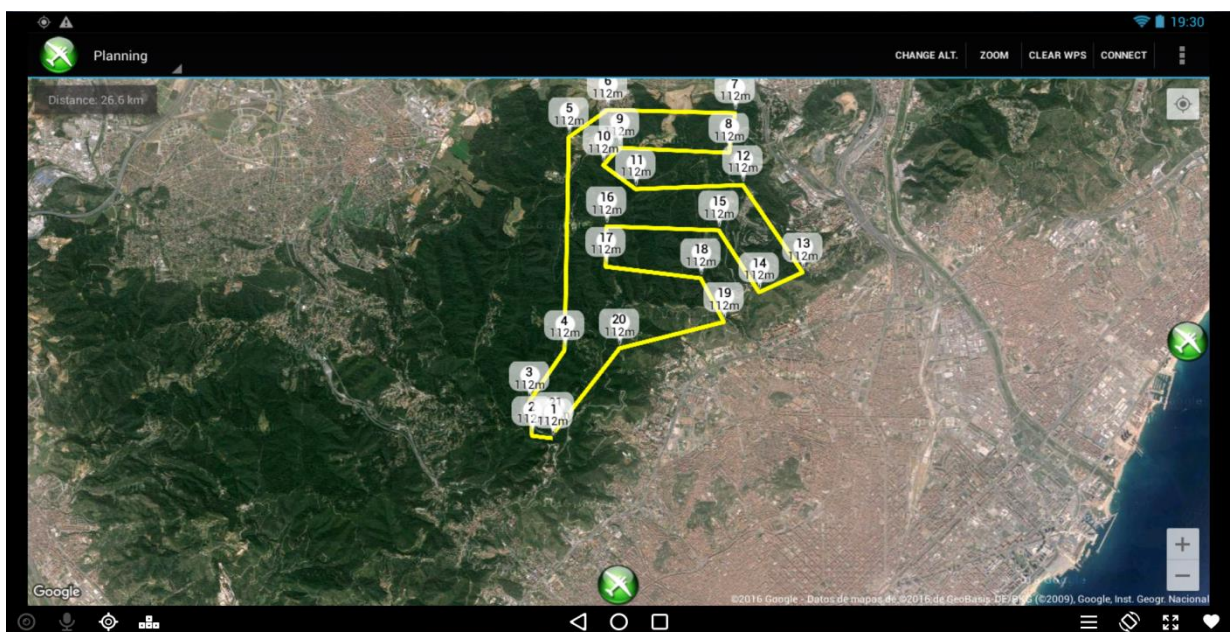
En primer lloc s'ha buscat al mapa el Parc Natural de Collserola. Un cop localitzat s'ha triat l'alçada de vol respecte el terra i s'ha seleccionat 112 metres (ja que no permetia triar nombres decimals per definir l'alçada exacte de 111,55 metres). Un cop definida l'alçada s'han dibuixat unes trajectòries arbitràries que tinguessin una longitud de 29,9 km aproximadament. Un cop realitzades s'ha definit una àrea de 223,10 x 153,33 metres que, com s'ha comentat anteriorment, és la que es pot observar a través de la càmera del dron en cada moment. S'ha assignat aquesta àrea a les trajectòries i s'ha comprovat si es cobria tota l'extensió del terreny. Amb les trajectòries inicialment traçades no es cobria tota la zona d'estudi, per tant, s'ha realitzat un procés iteratiu que ha consistit en: anar modificant les

trajectòries sense que aquestes tinguessin una longitud superior als 29,9 km ni molt inferior i anar comprovant que es cobria tota l'extensió del bosc.

Com s'ha comentat, de trajectòries òptimes (que cobreixin tot el bosc i alhora tinguin una longitud molt propera a 29,9 km sense superar aquesta distància) possibles existeixen moltes, però les triades són les següents:



Imatge 10.- Trajectòria 1.



Imatge 11.- Trajectòria 2.

Com es pot observar a la següent imatge tota l'extensió de la zona d'estudi queda coberta.



Imatge 12.- Cobertura de l'extensió del bosc per ambdós drons.

És evident que amb un sol dron és impossible cobrir tota l'extensió de la zona d'estudi, però com es pot observar en la imatge anterior amb dos sí. Per tant aquestes seran les trajectòries que s'hauran de definir al mode de vol "WayPoints" per sobrevolar el bosc en busca d'un incendi.

Cal recordar que en qualsevol moment l'operari pot desactivar aquesta funció per activar la funció "Orbit" per analitzar la zona amb més detall. L'operari però haurà d'estar atent de que no se li acabi la bateria al dron metre està activada la funció Orbit ja que sinó aquest caurà en mig del bosc. A la taula 3.1 de l'Annex III s'adjunta una taula per facilitar aquesta tasca a l'operari. Es mostra el temps que necessita el dron per tornar a casa en funció de la distància a la que es trobi.

Amb l'ajut d'aquesta taula, l'operari podrà saber quin és l'últim moment que pot activar la funció "Return to Home" per portar el dron a l'estació de control de nou. L'operari només haurà de consultar des de la pantalla de la tauleta la distància respecte l'estació de control a la que es troba el dron, i observant la taula podrà veure el temps que necessita per

retornar al punt de partida. Un cop determinat el temps necessari l'operari haurà de comprovar que aquest temps és suficient per tornar a l'estació de control, és a dir, haurà de verificar que el temps de retorn a casa sigui menor o igual a els 31 minuts (temps màxim de vol) menys el temps de vol que porti el dron fins aquell moment.

8.- SISTEMA IDEAT ENVERS AL SISTEMA ACTUAL

Un cop definits tots els paràmetres necessaris per al funcionament del sistema; tecnologia de detecció, dron, zona d'estudi, localització de les estacions de control, paràmetres de vol i trajectòria a seguir, cal estudiar quins pros i contres té aquest sistema en comparació al protocol d'actuació existent.

Abans de passar a comparar-los es descriurà, breument, quina és la forma amb la que, actualment, es reacciona davant un incendi. Entrar a realitzar valoracions sobre com s'extingeix un incendi no tindria cap sentit ja que el sistema ideat tant sols permet la detecció ràpida d'incendis.

Abans d'iniciar les tasques per extingir l'incendi es realitzen tota una sèrie d'accions per evitar conseqüències més greus: evacuar, intentar la extinció per medis propis, avisar als bombers, etc. Cal tenir present que qualsevol acció que es vagi a realitzar implica un temps de retard, durant el qual la emergència, en aquest cas l'incendi, es desenvolupa i el seu control es fa cada cop més difícil.

És aquí on trobem el principal inconvenient del sistema de detecció. Des de que es detecta un incendi, mentre la gent intenta apagar-lo pels seus propis medis, fins que s'avisar als bombers, aquests evacuen a la gent i finalment acudeixen a la zona d'emergència per procedir a l'extinció passa molta estona cosa que permet que l'incendi es propagui.

Aquesta idea queda molt clara amb el gràfic 2.1 de *l'Annex III*. En ell es pot observar com la relació temps-desenvolupament d'emergència segueix una llei exponencial que indica que quant més temps passi, més es desenvolupa l'emergència i, per tant, reafirma el que s'ha anat ha anat comentant sobre la importància del factor temps. A l'eix del temps es poden observar diferents abreviacions que indiquen les diferents accions que es realitzen fins començar a actuar: temps de detecció (td), temps d'evacuació (te), i temps de preparació (tp). El temps de detecció és aquell que transcorre des que s'inicia l'incendi fins que es detecta i s'avisar als bombers. Es veu clarament que és, juntament amb el temps de preparació per actuar, on transcorre més temps sense que s'actui sobre l'incendi i aquest pugui escampar-se lliurement.

El temps d'evacuació no és un paràmetre fàcil de controlar, ja que depèn de molts factors: quantitat de gent evacuar, facilitat d'accés a la zona on es troba la gent; intensitat de l'incendi, entre altres. El temps de preparació inclou dues etapes, preparació dels bombers i

arribada a la zona de l'incendi, tampoc és gaire controlable. El protocol que han de seguir els bombers és molt clar i aquests es preparen en un temps rècord, i perquè l'arribada a la zona on s'ha proclamat l'incendi no depèn només de la rapidesa amb la que es preparen els bombers sinó que depèn de factors externs, com per exemple la dificultat d'accés a la zona on s'està produint l'incendi, la llunyania respecte l'estació de bombers i, fins i tot, el tràfic que es puguin trobar en aquell moment.

Però és en el temps de detecció on els drons poden jugar un paper molt important. Consultant les dades ofertes pel Ministeri d'Agricultura, Alimentació i Medi Ambient, es mostren els percentatges que indiquen la forma amb la que els incendis forestals han estat detectats (consultar el gràfic 2.2 de *l'Annex III*):

- Trucada d'un particular: **32,31 %**
- Vigilant fix: **23,67 %**
- Altres: **14,04 %**
- Trucades al 112: **13,56 %**
- Agent Forestal: **12,19 %**
- Vigilant mòbil: **3,59 %**
- Aeronau: **0,63 %**

Com es pot veure els mètodes de detecció més emprats depenen molt de l'ésser humà. La majoria d'ells fins que l'incendi no es detectat visualment aquest passa desapercbut. En moltes ocasions quan s'inicia un incendi en mig d'un bosc, l'alarma no salta fins que aquest és suficientment gran com per ser visible des d'una distància bastant considerable. És aquí on està el gran problema del sistema de detecció, cal esperar a que l'emergència hagi adquirit una dimensió considerable per a poder ser detectada.

Per això es tarden dies i dies per extingir un incendi perquè quan els bombers acudeixen a la zona, aquest, s'ha escampat massa com per controlar-lo ràpidament. A vegades trobar la localització exacte del focus principal de l'incendi pot resultar complicat i més si aquest s'inicia en mig del bosc, cosa que també retarda l'extinció de l'incendi.

Aquí és on entra el sistema ideat. Al emprar els drons per detectar l'incendi el temps de detecció (td) es redueix notòriament, ja que els incendis es podran detectar quan estiguin molt localitzats (afectin molt poques hectàrees) i no s'hagin propagat gaire o, fins i tot, inclús es podran realitzar deteccions prematures de focus calents sospitosos d'incendis. Els drons

sobrevolant el bosc contínuament permetran, al mínim índex d'incendi, informar als bombers de l'abast de l'incendi, gràcies a la càmera tèrmica incorporada, i la localització exacte d'aquest, gràcies al GPS incorporat.

Amb això s'aconsegueix reduir el temps total des que s'inicia l'incendi fins que es comença a extingir-lo.

La inversió econòmica va directament relacionada amb el temps de detecció de l'incendi. Quant abans es detecti l'incendi menys s'haurà escampat aquest, i per tant la seva extinció serà molt més senzilla. Al reduir-se la complexitat de la tasca, la quantitat de tecnologies i persones emprades per a apagar el foc (camions, hidroavions, helicòpters, bombers) es redueix i per tant la quantitat de diners invertits en la tasca d'extinció disminueix notòriament.

Per una altra banda, recuperar una hectàrea de bosc té un cert cost. Si s'evita que el foc s'escampi, el nombre d'hectàrees cremades serà menor i, per tant, el nombre d'hectàrees a ser restaurades disminueix i amb aquest disminueix els diners invertits en la tasca.

Així doncs com es pot veure no només es tracta de buscar una manera més senzilla per a la detecció dels incendis, que també, sinó que també un estalvi econòmic considerable en quant a tasques d'extinció i regeneració de terreny.

A continuació es presenta una taula amb els avantatges i inconvenients del sistema ideat respecte el mètode de detecció actual.

Taula 4.- Avantatges i inconvenients del sistema ideat envers a l'existent.

Avantatges	Inconvenients
Reducció del temps de detecció d'un incendi.	Dependència d'una tecnologia que pot fallar.
Possibilitat de conèixer la posició exacte de l'incendi.	Molta responsabilitat assignada a l'operari treballant a l'estació de control.
Informació ràpida sobre l'incendi: abast, hectàrees afectades, intensitat...	Autonomia dels drons (vols limitats).
Informació en temps real.	Incompatibilitat amb la legislació (problemes de legalitat).
Permet un estalvi econòmic.	

9.- LEGISLACIÓ

Tot i que a l'annex venen adjuntes el conjunt de lleis/normes i regulacions sobre el vol d'aeronaus de control remot, s'ha considerat oportú fer un breu resum d'aquella normativa que pot afectar al sistema ideat.

L'AESA (Agència Estatal de Seguretat Aèria) recull una sèrie de recomanacions i recordatoris sobre l'ús del dron:

- Sempre tenir el dron a la vista.
- Saber volar amb seguretat.
- Només volar drons en zones adequades.
- Els danys ocasionats pel dron són responsabilitat de qui el pilota.
- Realitzar vols diürns.
- Volar sempre amb llicència/permís.

De la mateixa forma l'AESA recorda diverses coses que no es poden fer amb un d'aquests dispositius voladors i que podrien comportar multes de fins a 225.000 €:

- No es pot volar en zones urbanes i/o restringides.
- No es pot volar sobre aglomeracions de gent (parcs, platges, concerts, etc.)
- No es poden realitzar vols nocturns.
- No es pot volar a prop d'aeroports i altres zones on es realitzin vols amb altres aeronaus de baixa alçada.
- No es pot posar en perill a tercers.

Cal preguntar-se d'on venen totes aquestes recomanacions. En primer lloc trobem el Reial Decret-Llei 8/2014 que, en els articles que van del 50 al 53, regulen l'operació d'aeronaus civils pilotades per control remot. La normativa varia en funció del pes del dron diferenciant tres categories: menor de 2 kg, entre 2 i 25 kg, i més de 25 kg. El "Matrice 100", amb la càmera Zenmuse XT i les dues bateries TB48D pesa uns 3 kg aproximadament ($\approx 2,92$ kg). Per tant a continuació es descriuran les lleis/normes que afecten a aquest dron i que s'han de tenir en compte per a l'hora del disseny final del sistema

Taula 5.- Restriccions a l'ús de drons segons la normativa vigent.

Paràmetre	Restricció
Abast del dron	Màxima visió del pilot
Distància màxima recorreguda	500 metres
Alçada màxima	120 metres
Identificació	Placa identificadora (No es necessària matrícula)

Com es pot observar el sistema de detecció d'incendis dissenyat és completament incompatible amb la normativa vigent per diversos motius. En primer lloc l'abast del dron sobrepassa la restricció definida. En el sistema ideat, el dron, podrà allunyar-se més de 5 km des de l'estació de control, distància que supera la màxima visió del pilot. En segon lloc el dron pot recórrer com a màxim 500 metres, un altre paràmetre que no es compleix ja que els drons emprats realitzen trajectòries de fins a 29 km.

Una de les prohibicions que també s'ha de respectar és la de no volar en zones restringides. A la figura 16 de *l'Annex III* es presenten les zones restringides al vol de Barcelona. Tal i com es pot observar la zona d'estudi no ho està, per tant en aquest aspecte el sistema compleix amb la normativa.

Sembla doncs que idear un sistema per a la detecció d'incendis utilitzant drons és impossible si es respecten totes les restriccions definides, ja que els drons no podrien sobrevolar ni el més petit dels boscos. Sabent que no es poden superar aquestes restriccions, perquè es fabriquen drons amb especificacions molt superiors a les permeses? La qüestió és que es tracta d'una llei antiga, la qual no s'ha revisat des del 2014 i, en aquests dos anys, la indústria dels drons ha evolucionat molt deixant obsoleta aquesta llei.

Els drons estan considerats, segons el MIT (*"Massachusetts Institute of Technology"*) com una de les deu tecnologies emergents de l'actualitat i avui en dia, a Espanya, les possibilitats i llibertat d'ús d'aquests dispositius està molt limitada a diferència del que passa en altres països Europeus. Des del govern espanyol s'ha assegurat que, "en un breu termini", es realitzarà una revisió del Reial Decret. Aquesta revisió és important, no tant sols per aquest projecte, sinó per molts altres que estan en desenvolupament i que es porten a terme en altres països per la incompatibilitat amb la legislació Espanyola.

Per tant, tot i semblar que el sistema ideat, actualment, no es podria posar en marxa, es preveu que quan es realitzi la revisió del Reial Decret aquest no tingui cap impediment.

10.- AVALUACIÓ D'IMPACTE AMBIENTAL (EIA).

Cap projecte pot donar-se per acabat sense realitzar una avaluació del impacte ambiental (EIA). Com a instrument, la EIA reflexa un dels principis de la gestió ambiental, el de la prevenció per evitar posteriors ocurrencies que provoquin un deterioro ambiental.

De metodologies per realitzar un EIA existeixen moltes, però la emprada en aquest treball serà un mètode matricial. Aquests són mètodes bidimensionals que relacionen accions amb factors ambientals que també són anomenats matrius *causa-efecte*. Aquestes matrius consisteixen en mostrar les accions del projecte en un eix i els factors del medi al llarg de l'altre. Quan es preveu que una acció incidirà en un factor ambiental es senyala a la cel·la de creuament mitjançant uns valors corresponents a magnitud i importància. Així doncs en primer lloc es senyalen totes les possibles interaccions entre les accions i factors, per després establir, en una escala que varia del 1 al 10, la magnitud i importància de cada impacte identificant si aquest és positiu o negatiu.

A continuació es mostren dos taules on es pot veure la qualificació de la magnitud com de la importància:

Taula 6.- Qualificació de la Magnitud en metodologia matricial.

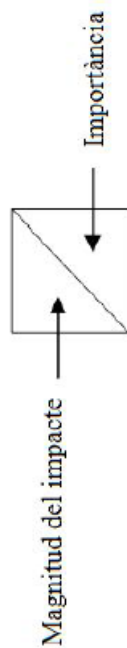
Descripció	Valor assignat
Dany greu a l'indicador	-3
Dany mig a l'indicador.	-2
Dany menor a l'indicador.	-1
Dany insignificant a l'indicador.	0
Petit efecte positiu sobre l'indicador.	+1
Efecte mitjanament positiu sobre l'indicador.	+2
Efecte granment positiu sobre l'indicador.	+3

Taula 7.- Qualificació de la Importància en metodologia matricial.

Descripció	Valor assignat
Sense importància per l'indicador.	0
Poc important per l'indicador.	1
Mitjanament important per l'indicador.	2
Molt important per l'indicador.	3

L'índex global d'impacte s'obté del sumatori dels productes entre Magnitud i Importància per cada indicador. A continuació es mostra la matriu *causa-efecte* d'aquest projecte.

MATRIU <i>causa-efecte</i>		ACCIONS DEL PROJECTE												RESULTATS AMBIENTALS									
		CONSTRUCCIÓ						OPERACIÓ															
		Requeriment de mà d'obra.	Preparació localització estació de control	Construcció caseta estació de control.	Instal·lació caseta estació de control.	Instal·lació antena i amplificador de control	Transport d'equips, material i instruments a utilitzar.	Preparació d'equips material i instruments.	Vol dels drons pel bosc.	Control i verificació d'incendis.	Avis bombers (en cas d'incendi).	Control del dron per retornar-lo a l'estació de control en cas d'incendi ("Return to home").	Redacció d'informes i anàlisis.		Manteniment dels equips.								
FACTORS AMBIENTALS	AIRE	Qualitat de l'aire.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1			
		Sorolls i vibracions.	0	0	-1	-1	1	1	-1	-1	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-8	11	
		Qualitat del terra.	0	-1	-1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	2	
	TERRA	Capacitat de us.	0	-1	-1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	2	
		Geomorfologia.	0	-1	-1	1	1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4	4	
	AIGUA	Disminució del recurs.	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	
		Densitat i abundància.	0	-1	-1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3	4	
	FLORA	Alteració habitat.	0	-1	-2	1	1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4	3	
		Alteració habitat.	0	-1	-2	1	1	-1	-1	0	0	0	0	-3	0	0	0	0	0	0	-7	6	
	FAUNA	Alteració habitat.	+3	+3	+3	3	3	+1	+1	+2	+2	+1	1	1	+3	+3	+3	+3	+3	+2	+3	+34	30
		Generació de llocs de treball.	+2	+2	+2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	+3	+3	+3	+3	+3	+2	+3	+25	19
	ECONÒMICA	Increment d'impostos.	+2	+2	+2	2	2	2	2	+1	+1	1	2	0	+3	+3	+3	+3	+3	+2	+3	+25	22
Formació.		0	0	+1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	+3	+3	+3	+3	+3	0	0	+4	4	
SOCIOECONÒMIC	Salud.	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	+3	+3	+3	+3	+3	+2	+3	0	0	
	Estètic/Paisatgístic.	0	0	-2	1	1	-2	-2	0	0	0	0	-3	0	0	0	0	0	+2	+2	0	0	



Observant la matriu presentada anteriorment es poden extreure algunes conclusions. En primer lloc no es tracta d'un projecte que sigui extremadament perjudicial mediambientalment parlant. Els efectes més negatius que té van en relació amb aspectes físics i biològics. Parlant primerament dels físics, quan els drons volen sobre el bosc generen sorolls i vibracions produïts pels motors i diversos dispositius que porten incorporats, que tot i ser ínfims, són inevitables. Al no haver-hi població dins la zona d'estudi provoca que aquest aspecte no afecti tant ja que els drons no molestaran a cap ésser humà. En canvi si parlem d'aspectes biològics, tota la fauna voladora de la zona es veurà, lògicament, afectada. El fet de veure un dispositiu desconegut per a ells farà que hagin de variar la forma de viure, ja no podran volar tant lliurement com ho feien abans, i potser fins i tot, una part de la fauna haurà de canviar d'hàbitat. Tot i això, al tractar-se de vols ràpids (30 minuts aproximadament) l'afectació sobre aquests dos factors no és excessivament crítica..

Altres aspectes negatius com per exemple la modificació de la geomorfologia, la qualitat de l'aire o bé la quantitat de terra aprofitable es veuen afectats de forma negativa però de forma tan ínfima que, a la pràctica, aquests efectes negatius són negligibles.

Com a contrapartida, el sistema si que afecta positivament, i de forma molt notòria, als aspectes econòmics i socials. En primer lloc el desenvolupament d'aquest sistema generarà llocs de treball per a les diferents tasques que s'han de realitzar: preparar material, construcció estació de control, instal·lacions elèctriques i d'aigua, configuració del sistema, operaris vigilants d'incendis, etc. Unit a aquesta idea ve el paràmetre de "formació". Com més aspectes innovadors s'incloguin al sistema ideat, com més tecnologia s'empri, més formació, tant dels operaris com dels tècnics, es requerirà. Per últim, el fet d'implantar un sistema nou ve acompanyat de l'augment d'impostos que s'hauran de pagar.

Com a conclusió es podria dir que es tracta d'un sistema mediambientalment viable. Si és cert que té alguns efectes negatius sobre l'aire i la fauna, però que són negligibles envers als efectes positius socioeconòmics que genera.

11.- CONCLUSIONS

Abans d'iniciar el treball, els objectius que s'aven plantejat eren: idear un sistema que permetés una ràpida detecció de l'incendi, que aquest sistema fos compatible amb drons i que millores el sistema de detecció existent a l'actualitat. Tot això sense oblidar que el sistema havia de ser viable tant econòmicament com mediambientalment.

Com s'ha anat veient al llarg del treball s'ha ideat un sistema capaç de detectar incendis de forma més senzilla i ràpida. Tot i que no s'ha aconseguit idear un sistema totalment automàtic, és a dir, sense la necessitat d'un ésser humà que intervingui, es considera que el sistema ideat millora la forma de detecció existent. Per fer-ho s'han emprat drons de gamma alta amb un gran abast i autonomia, ajudats d'antenes i amplificadors extres, equipats amb una càmera tèrmica de gran precisió que facilita la tasca de detecció. Per automatitzar al màxim el sistema, els drons parteixen de l'estació de control, sobrevolen el bosc i retornen a l'estació automàticament.

Per tant es considera que s'ha satisfet, en gran part, els objectius plantejats a l'inici, ja que a part de ser un sistema que millora la detecció també és econòmicament i mediambientalment viable.

Aquest sistema millora la forma actual de detectar un incendi, ja que es deixa de dependre del mètode rudimentari i tradicional de detecció mitjançant la inspecció visual, per emprar un sistema molt més intuïtiu com són les càmeres tèrmiques que permeten una detecció més ràpida i eficient. A més es podran detectar incendis que es produeixin a qualsevol localització dins de la zona d'estudi, conèixer la seva localització amb precisió i l'abast de l'incendi, característiques que per determinar-les amb el mètode actual requerien de molt temps.

Com a limitacions principals que pot tenir el treball en trobem dos: en primer lloc són les limitacions que ofereixen els propis drons, sobre tot en quant a l'autonomia. Aquest treball s'ha ideat en una zona d'estudi relativament petita, però si es volgués idear en una zona de més extensió tot es complicaria. Si és cert que els drons són una tecnologia emergent i que cada cop s'aniran desenvolupant més fins a poder cobrir qualsevol extensió de terreny. I en segon lloc com a limitació trobem la legislació vigent. Aquesta no dona cap llibertat a l'hora d'utilitzar els drons. Si més no, s'ha promès que es realitzarà una revisió d'aquesta. Quan es

faci caldrà tenir en compte el potencial que tenen els drons i regular-ho d'alguna manera que permeti aprofitar tot aquest potencial.

Com a valoració personal voldria comentar que tot el que sigui automatitzar un procés sempre permet millorar. En aquest cas l'operari només ha d'estar pendent de mirar la pantalla en busca de taques de color groc i/o vermell per detectar l'incendi. Per tant s'ha facilitat la tasca de l'operari. Però per una altre banda dependre d'una màquina a vegades porta a pensar que aquestes no poden cometre errors i això no és del tot cert. Per tant tot i que aquest treball pot ser una bona idea per començar a testar aquest tipus de metodologia per detectar incendis, personalment penso que s'han de realitzar molts testos d'aquest sistema abans d'abandonar qualsevol altre mètode de detecció ja establert. El problema d'aquest sistema és que no es podrà testar fins que es produeixi un incendi, i el que no es farà es provocar-ne un, per tant aquí és on pot aparèixer el punt dèbil del projecte, les oportunitats de testeig.

AGRAÏMENTS

Voldria aprofitar aquestes línies per agrair a totes les persones que m'han ajudat i m'han recolzat durant aquests quatre anys a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

En primer lloc agrair a Emilio Hernández Chiva l'oportunitat que m'ha donat de realitzar aquest projecte.

Als meus pares que són els que m'han estat recolzant contínuament durant la realització d'aquest treball.

I per últim als comercials responsables a Espanya de l'empresa DJI que m'han facilitat molta informació útil per a la realització d'aquest treball.

Gràcies.

BIBLIOGRAFIA

Les següents referències bibliogràfiques han estat utilitzades com a informació i ajuda per a la redacció i elaboració del treball:

Bibliografia material

- ALEJANDRO ALONSO PUIG, *Drones Profesionales. Usos y Técnica*, Quark Robotics, 2006.
- CRAIG ISSOD, *Buying and Flying the DJI Phantom Quadcopters: Covers all Current Models - Learn Before you Buy!*

Bibliografia digital

Per a la realització d'aquest treball s'han utilitzat les següents referències digitals:

- https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle (Informació general).
- <http://dronecenter.blogspot.com.es/p/construye-tu-drone.html> (Informació general).
- http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_215.pdf (Detectors de fum).
- https://en.wikipedia.org/wiki/Thermographic_camera (Càmeres tèrmiques).
- E-BOOK, AERIAL MAPPING, CHAPTER 14, ORTHOPHOTOGRAPHY [PDF].
- <https://www.aibotix.com/en/overview-aibot-uav.html> (Informació model de dron).
- <http://www.dji.com/es> (Informació model de dron).
- <http://store.dji.com/es/product/matrice-100> (Informació model de dron).
- <http://www.dji.com/es/product/zenmuse-xt> (Càmera tèrmica *Zenmuse XT*).
- <http://autoflightlogic.com/autopilot> (Software control dron).
- <http://www.parcnaturalcollserola.cat/es> (Informació zona d'estudi).

- https://en.wikipedia.org/wiki/Field_of_view (Informació Field of View).
- <https://github.com/mrdoob/three.js/issues/1239> (Càlculs del Field of View).
- <http://vueloartificial.com/introduccion/primeros-pasos/descargando-el-software-necesario/> (Informació softwares drons).
- <https://www.youtube.com/watch?v=-RJmcPaNhsQ> (Video vol Matrice 100).
- <https://www.youtube.com/watch?v=Z625R9eIjIc> (Video funcionament Zenmuse XT).
- <https://www.youtube.com/watch?v=zGNci52UgEo> (Video explicatiu Zenmuse XT).
- <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.droidplanner&hl=es> (Creador missions per a drons).
- <http://www.magrama.gob.es/es/> (Ministeri d'Agricultura)
- <http://www.xataka.com/drones/cuidado-al-pilotar-tu-dron-alejate-de-zonas-pobladas-y-de-las-aglomeraciones-de-gente> (Normativa drons).
- https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-7064 (Legislació drons).
- MATRICES CAUSA EFECTO. LA MATRIZ DE LEOPOLD [PDF].

Treball de Fi de Grau

**Grau Enginyeria en Tecnologies Industrials
GETI**

Estudi i anàlisi sobre la implantació dels drons com a una mesura antiincendis

ANNEX I: CÀLCULS.

ANNEX II: VIABILITAT ECONÒMICA DEL PROJECTE.

ANNEX III: FIGURES I TAULES.

ANNEX IV: NORMATIVA DELS DRONS

ANNEX V: ESPECIFICACIONS TÈCNIQUES DRON MATRICE 100.

**ANNEX VI: ESPECIFICACIONS TÈCNIQUES DE LA CÀMERA
ZENMUSE XT**

Autor: Ignasi Llordés Pavón
Director/s: Emilio Hernández Chiva
Convocatòria: Juny, 2016

Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



ANNEX I: CÀLCULS.

A continuació es presenten tots els càlculs necessaris per a l'elaboració d'aquest projecte i que han estat referenciats a la memòria.

1.- Paràmetres de vol del dron.

1.1.- Longitud màxima de trajectòria.

Tenint en compte que el dron volarà a velocitat constant (moviment rectilini uniforme o "MRU") s'usarà la següent equació per calcular la longitud màxima de la trajectòria que pot realitzar el dron.

$$x(t) = x_0 + v \cdot t \quad (\text{I-1})$$

Prenent com a origen x_0 , és a dir, fent-la igual a 0:

$$x(t) = v \cdot t \quad (\text{I-2})$$

Assignant a la variable "t" el temps màxim de vol del dron, perquè pugui estar volant el màxim de temps i així cobrir el màxim terreny possible i assignant-li a la variable "v" la màxima velocitat que pot assolir el dron s'aconseguirà maximitzar la longitud de la trajectòria. Per evitar problemes d'esgotament de bateria en ple vol se li donarà un marge de seguretat a l'autonomia del 10 %:

$$40 \text{ min} \cdot 0,9 = 36 \text{ minuts}. \quad (\text{I-3})$$

Recordant que el software "Autopilot" porta incorporat el mode de vol "Orbit" que permet al dron volar una zona realitzant circumferències per tal que l'operari pugui analitzar-la millor. D'aquests 36 minuts, se li restaran 5 minuts, de tal manera que si s'activa la funció "Orbit" el dron tingui marge de temps per poder observar-la sense esgotar la bateria.

$$x = v \cdot t = 16,1 \frac{m}{s} \cdot 31 \text{ min} \cdot \frac{60s}{1 \text{ min}} = 29.946 \text{ m} = 29,9 \text{ km}$$

Ara sabem doncs que el Zenmuse XT pot estar volant uns 31 minuts i que en aquest temps pot realitzar una trajectòria de 29,9 km.

1.2.- Quantitat de terreny inspeccionat.

Per poder determinar quina quantitat de terreny s'observa a través de la càmera del dron per cada posició a la que es trobi és necessiten dos valors obtinguts de les especificacions tècniques de la càmera "Zenmuse XT":

FOV horitzontal	FOV vertical
90 °	69 °

A partir d'aquests valors i les següents fórmules es pot calcular les dimensions del rectangle d'extensió de terreny que es podrà observar des de la càmera. Assignant-li a les variables els valors anteriors i a la distància al terra l'alçada de vol del dron s'obté:

$$h_r = 2 \cdot \tan\left(\frac{hFOV}{2}\right) \cdot d = 2 \cdot \tan\left(\frac{90}{2}\right) \cdot 111,55 = 223,10 \text{ m} \quad (\text{I-4})$$

$$v_r = 2 \cdot \tan\left(\frac{vFOV}{2}\right) \cdot d = 2 \cdot \tan\left(\frac{69}{2}\right) \cdot 111,55 = 153,33 \text{ m} \quad (\text{I-5})$$

Per tant mentre el dron sobrevoli a una alçada de 111,55 metres observarà una porció del bosc equivalent a un rectangle de dimensions 223,10x153,33 metres.

**ANNEX II: VIABILITAT
ECONÒMICA DEL
PROJECTE.**

1.- Introducció.

1.1.- Avaluació financera de la inversió.

El present annex té per finalitat establir la rendibilitat de la inversió en el projecte. Es paràmetres que defineixen una inversió són tres:

- Pagament de la inversió (K), és el nombre d'unitats monetàries que l'inversor ha de desemborsar per aconseguir que el projecte comenci a funcionar com a tal.

-Vida útil del projecte (n), és el nombre d'anys estimats durant els quals la inversió genera rendiments.

-Flux de caixa (R_i), resultats d'efectuar la diferència entre cobraments i pagaments, ja siguin ordinaris o extraordinaris, en cada un dels anys de la vida de projecte.

2.- Criteris de rendibilitat

Els paràmetres prèviament mencionats s'apliquen als mètodes d'avaluació que es presenten a continuació:

- Valor actual net (VAN): Indica el guany o rendibilitat neta generada pel projecte. Es pot descriure com la diferència entre el que l'inversor dona a la inversió (K) i el que la inversió li retorna a l'inversor (R_j). Quan un projecte té un VAN major que zero, es diu que per l'interès escollit resulta viable des del punt de vista financer. Es calcula mitjançant l'expressió:

$$VAN = -K + R_i \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n}$$

-Termini de recuperació. És el nombre d'anys que transcorren entre l'inici del projecte fins que la suma dels cobros actualitzats és exactament igual a la suma dels pagaments actualitzats. La inversió és més interessant com més reduït sigui el seu termini de recuperació.

-Taxa d'interès real (TIR), tipus d'interès que faria que el VAN fos nul. Per que la inversió sigui rentable aquest valor ha de ser major al tipus d'interès del mercat.

3.- Inversió.

- Obra Civil:

Estació de control (construcció) 800,00 €

- Instal·lació elèctrica i telefònica: 1000,00 €

- Maquinaria i instal·lacions:

iPad 289,00 €

Matrice 100 i Zenmuse XT x2 15.024,00 €

Bateria TB48D x2 398,00 €

Software Dron 29,99 €

Antena i amplificador 101,27 €

Pantalla de Vigilància (22'')

105,00 € +

TOTAL INVERSIÓ: 17.747,26 €

Es considerarà per a l'avaluació econòmica que la vida útil de la obra civil serà de 20 anys, i la de la maquinaria, 15 anys.

4.- Ingressos

4.1.- Cobros ordinaris.

Calcular l'estalvi anual que genera el sistema ideat és complicat, bàsicament per que el nombre d'incendis que es produeixen en una zona no segueix cap regla matemàtica que permeti determinar quants incendis a l'any. A més el cost d'apagar un incendi depèn molt de factors externs (temperatura, vent, climatologia, tipus de vegetació, estació de l'any...). Si més no, per fer-se una idea, s'han recollit tres dades publicades per el Ministeri d'Agricultura, Alimentació i Medi Ambient.

En primer lloc fixen el preu per recuperar una hectàrea de bosc cremada en uns 3444,44 €. En segon lloc defineixen la inversió necessària per apagar el foc d'una hectàrea. Aquest valor és molt variable ja que depèn de diversos factors: el foc

(intensitat, propagació...), factors externs (climatologia, vent, tipus de vegetació) i dels medis emprats (hidroavions, helicòpters, bombers, camions..). Tot i ser complicat determinar quin és el valor exacte, ofereixen una estimació d'aquest: 783 € per hectàrea.

S'ha realitzat una recerca de les hectàrees cremades al Parc Natural de Collserola els últims 10 anys i s'ha obtingut una mitja de 6,26 hectàrees/any.

Per tant els cobros extraordinaris, deguts als estalvis al evitar incendis i/o detectar-los ràpidament, podrien definir-se de la següent forma:

$$(3444,44 \times 6,26) + (783,00 \times 6,26) = 26.463,77 \text{ €}$$

4.2.-Cobros extraordinaris.

Es considera cobro extraordinari el valor residual de la maquinaria i instal·lacions després de la seva vida útil als 10 anys del seu funcionament i suposa un 15% del seu valor original. D'igual manera l'edificació també es menyspreen transcorreguts 20 anys i el seu valor residual s'estima en 25%.

$$\text{Cobros extraordinaris} = (0,15 \times 15.549,26 \text{ €}) + (0,25 \times 800,00 \text{ €}) = 2532,39 \text{ €}$$

5.- Despeses.

5.1.- Despeses ordinàries.

Són les despeses generades per al funcionament del sistema.

a) Mà d'obra:

- 2 Operaris: 24.000,00 €

- 1 Tècnic: 360,00 €

b) Altres serveis:

- Energia elèctrica 252,00 € +

TOTAL DESPESES ORDINARIES 24.612,00 €

5.2.- Despeses extraordinàries.

Les despeses extraordinàries són el resultat de la obsolescència i reposició parcial de la maquinària als 10 anys, i es xifra en un 25% del valor de la mateixa:

$$15.549,00 \text{ €} \times 0,5 = 7.774,63 \text{ €}$$

6.- Resultats.

En el següent quadre es poden observar els pagaments i els cobros, tant ordinaris com extraordinaris, així com els fluxos de caixa generats al llarg de la vida del projecte.

Anys	Inversió	Cobros		Pagaments		Flux de Caixa
		Ordinaris	Extraordinaris	Ordinaris	Extraordinaris	
0	17.747,26	26463,77	0,00	24.612,00	0,00	-15895,49
1	0,00	26463,77	0,00	24.612,00	0,00	1851,77
2	0,00	26463,77	0,00	24.612,00	0,00	1851,77
3	0,00	26463,77	0,00	24.612,00	0,00	1851,77
4	0,00	26463,77	0,00	24.612,00	0,00	1851,77
5	0,00	26463,77	0,00	24.612,00	0,00	1851,77
6	0,00	26463,77	0,00	24.612,00	0,00	1851,77
7	0,00	26463,77	0,00	24.612,00	0,00	1851,77
8	0,00	26463,77	0,00	24.612,00	0,00	1851,77
9	0,00	26463,77	0,00	24.612,00	0,00	1851,77
10	0,00	26463,77	0,00	24.612,00	7.774,63	-5922,86
11	0,00	26463,77	0,00	24.612,00	0,00	1851,77
12	0,00	26463,77	0,00	24.612,00	0,00	1851,77
13	0,00	26463,77	0,00	24.612,00	0,00	1851,77
14	0,00	26463,77	0,00	24.612,00	0,00	1851,77
15	0,00	26463,77	0,00	24.612,00	0,00	1851,77
16	0,00	26463,77	0,00	24.612,00	0,00	1851,77
17	0,00	26463,77	0,00	24.612,00	0,00	1851,77
18	0,00	26463,77	0,00	24.612,00	0,00	1851,77
19	0,00	26463,77	0,00	24.612,00	0,00	1851,77
20	0,00	26463,77	2532,39	24.612,00	0,00	4384,16

Indicadors de rendibilitat:

Interès de Capital	VAN	TIR
5 %	3363,14 €	
6 %	1792,46 €	7,34 %
7 %	424,38 €	

Les conclusions que s'extreuen d'aquests dos paràmetres (VAN i TIR) és que el sistema ideat és rentable, ja que seleccionant una interès de capital del 5%, el VAN és superior a zero i el TIR és superior al interès bancari seleccionat.

ANNEX III: FIGURES I TAULES.

1. FIGURES.

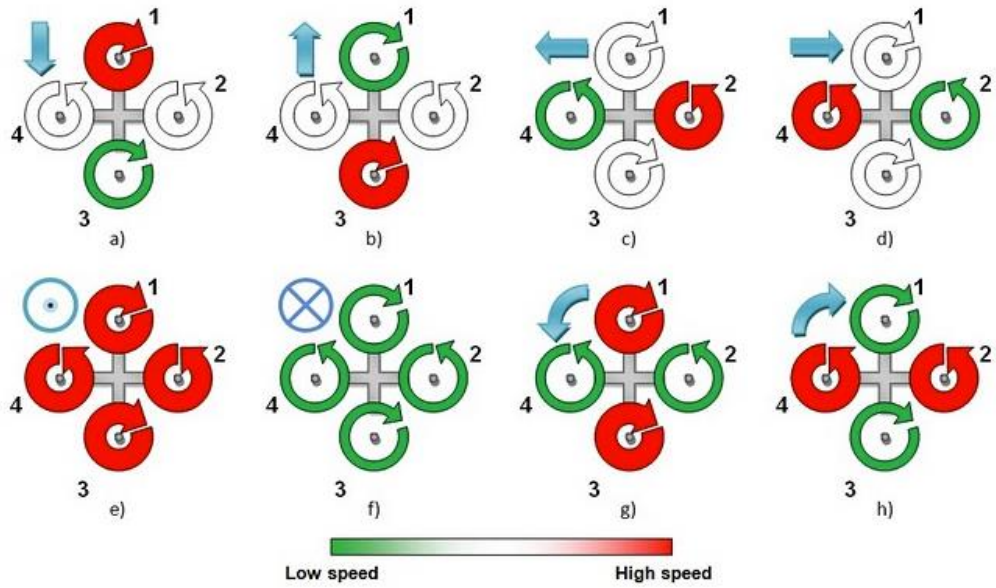


Figura 1.- Moviment del dron en funció del sentit i velocitat de rotació de cada hèlix.



Figura 2.- Dron d'Amazon enviant un paquet.



Figura 3.- Selecció d'Uruguai gravada amb un dron durant un partit de la copa del món de Brasil l'estiu del 2014



Figura 4.- Dron dissenyat per al salvament de persones.

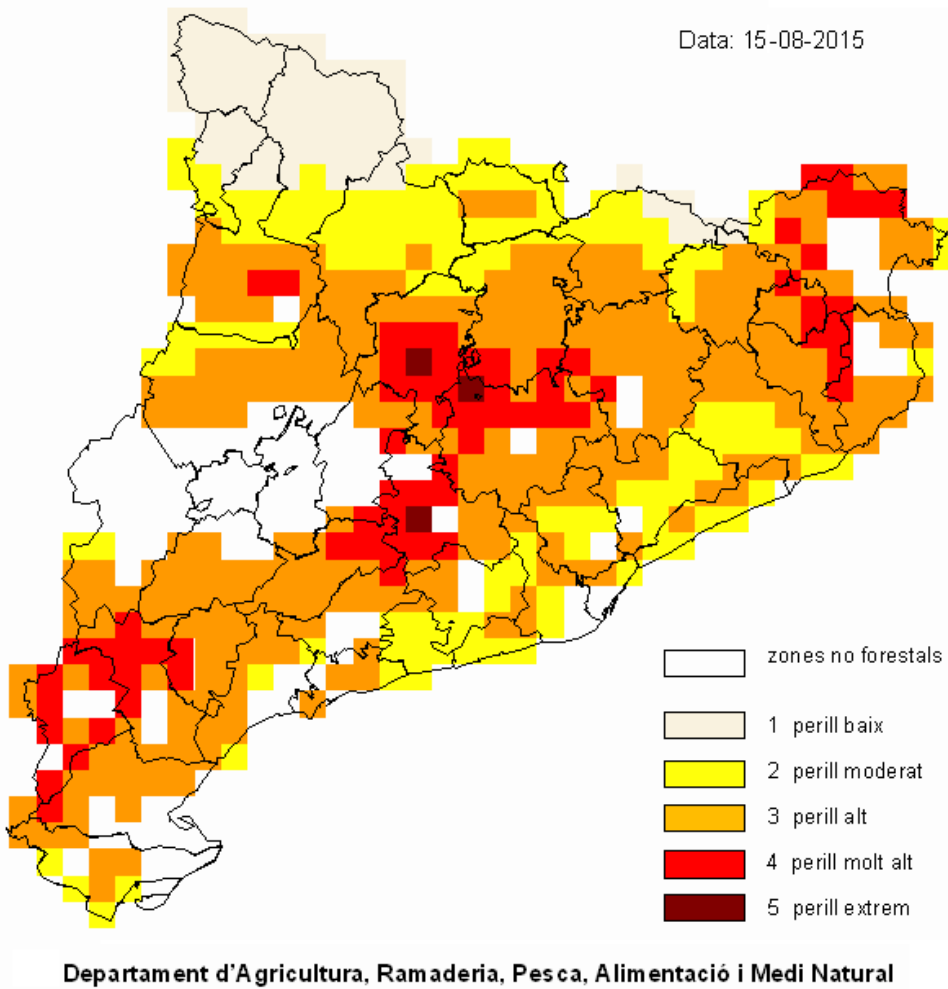


Figura 5.- Mapa de predicció d'incendi forestal.

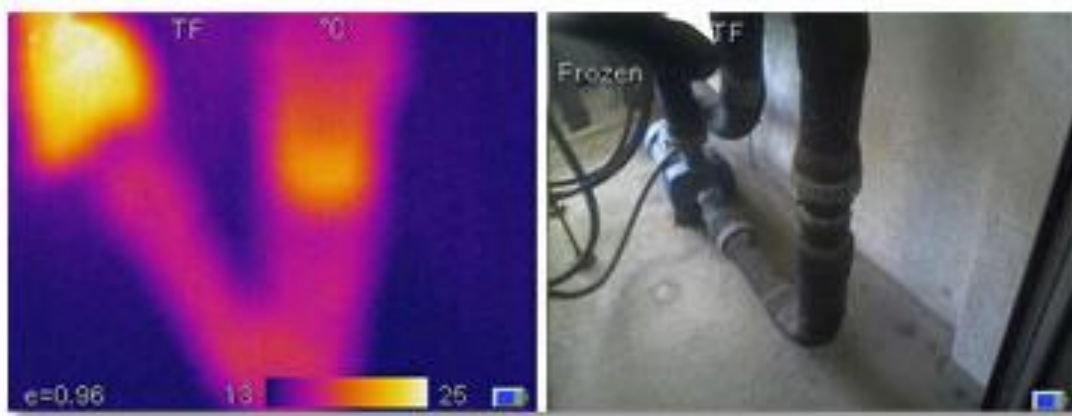


Figura 6.-Escala de temperatures oferta per una càmera tèrmica.

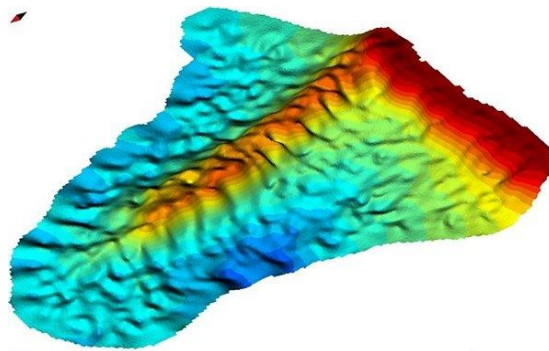


Figura 7.-Mapa tèrmic 3D.



Figura 8.- Display de l'aplicació "DJI Go"

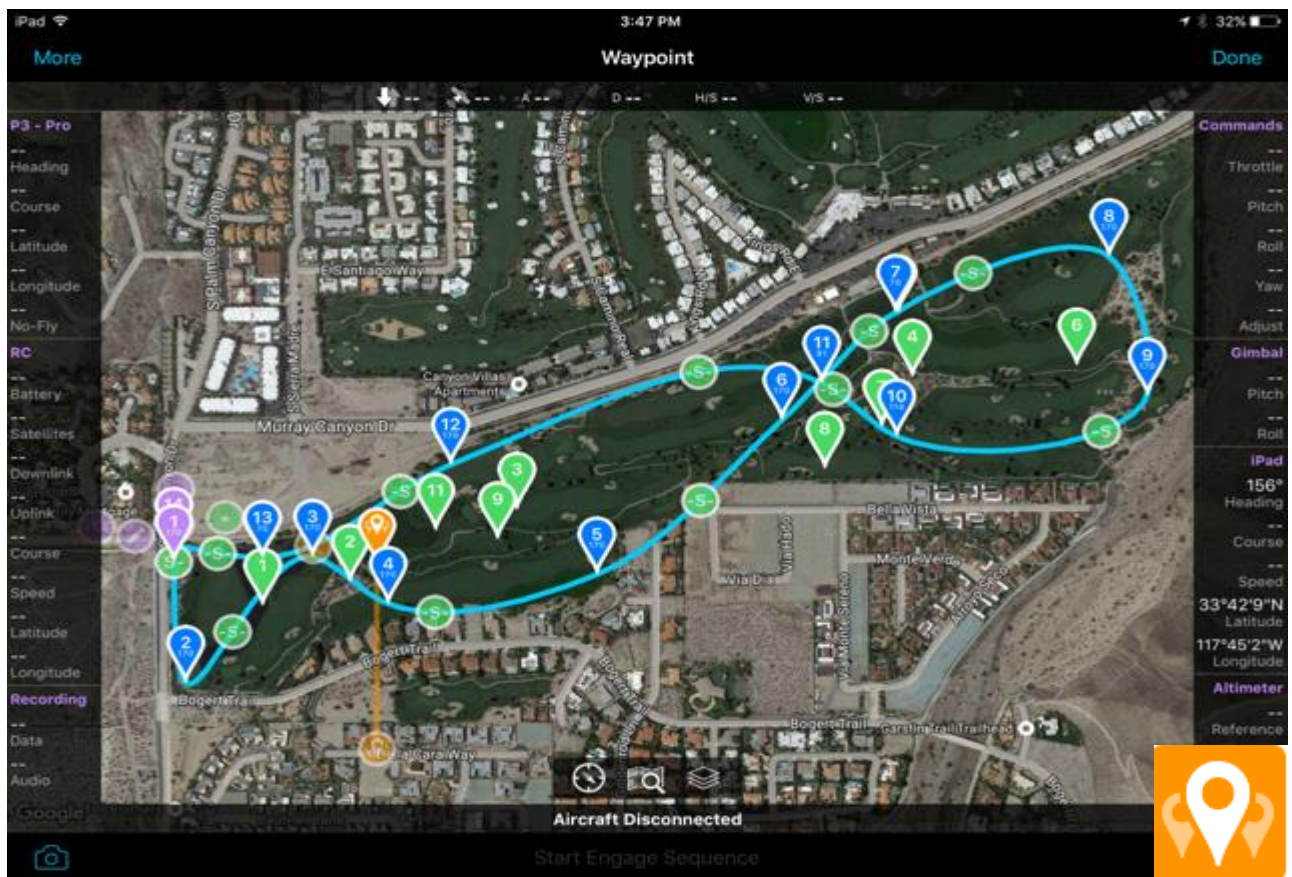


Figura 9.- Exemple de recorregut a seguir pel dron amb la funció "Waypoints".

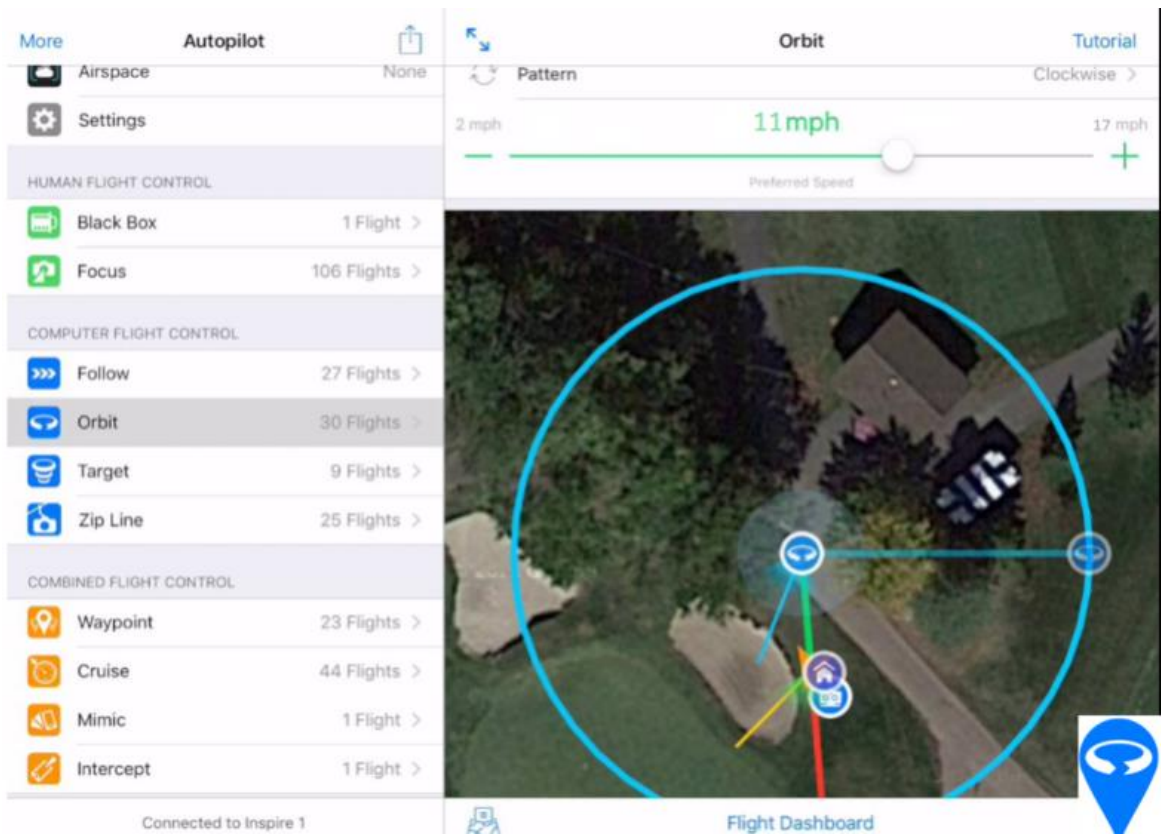


Figura 10.- Exemple del mode de vol “Orbit”.



Figura 11.- Parc natural de Collserola i zona d'estudi (vermell).

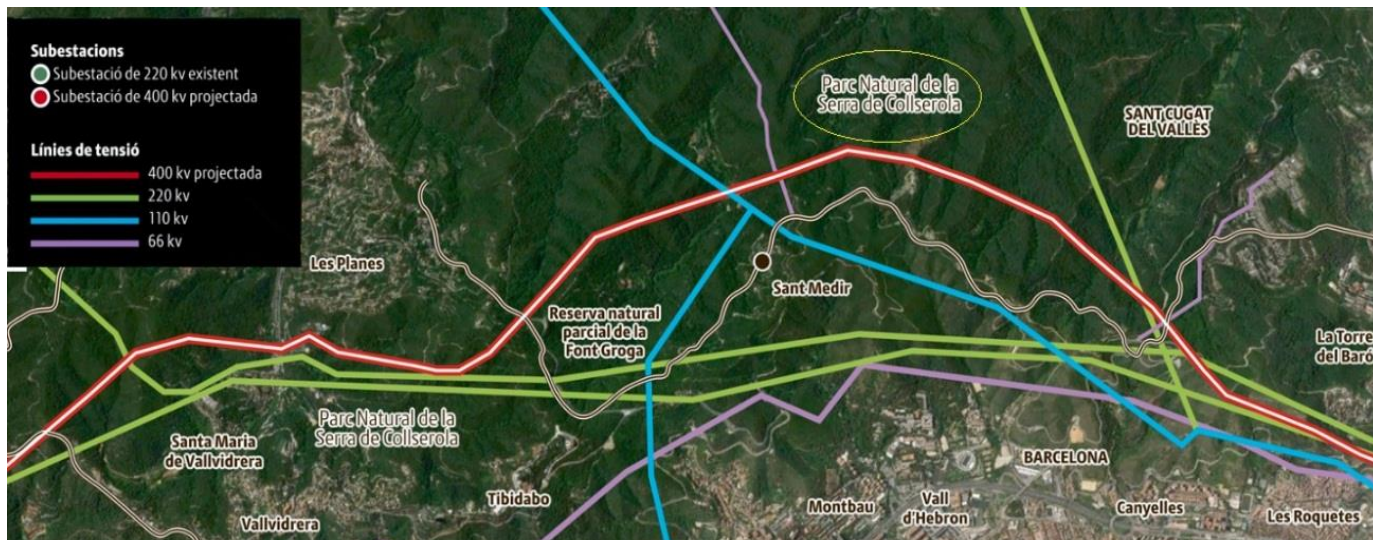


Figura 12.-Línies de tensió que travessen el Parc Natural de Collserola

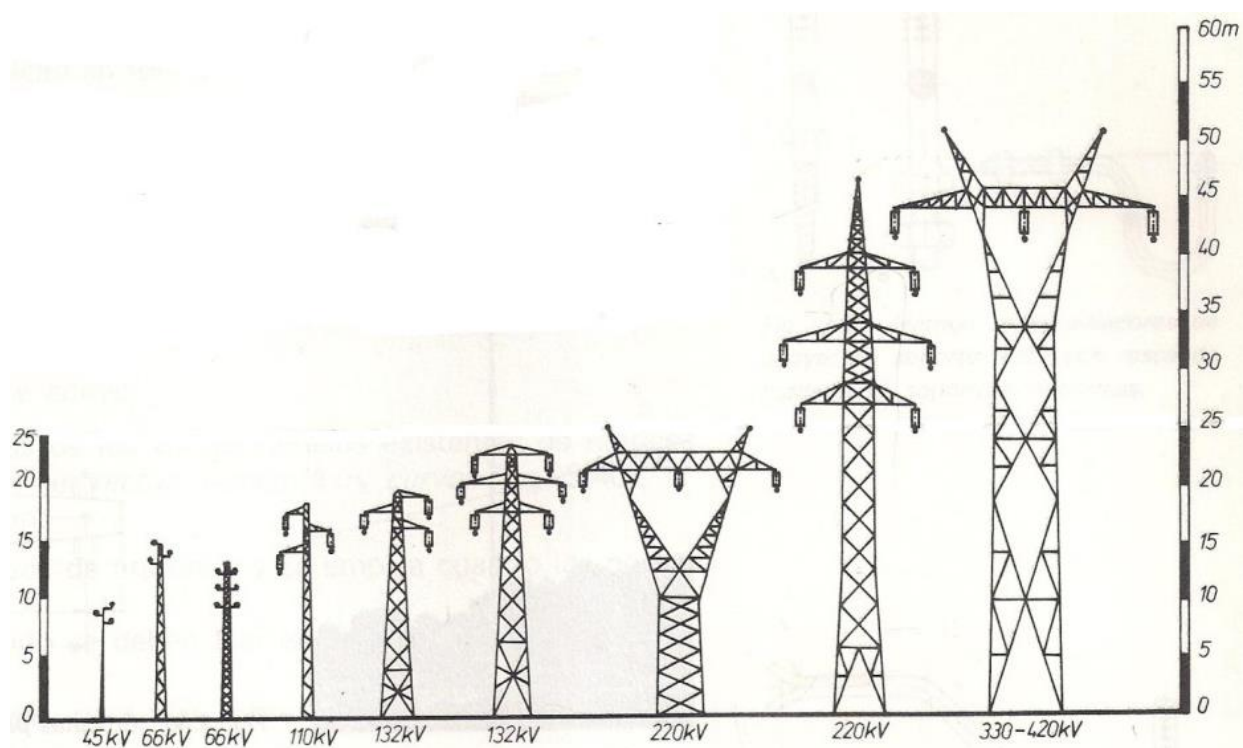


Figura 13.-Alçada de les línies d'alta de tensió en funció del voltatge transportat.

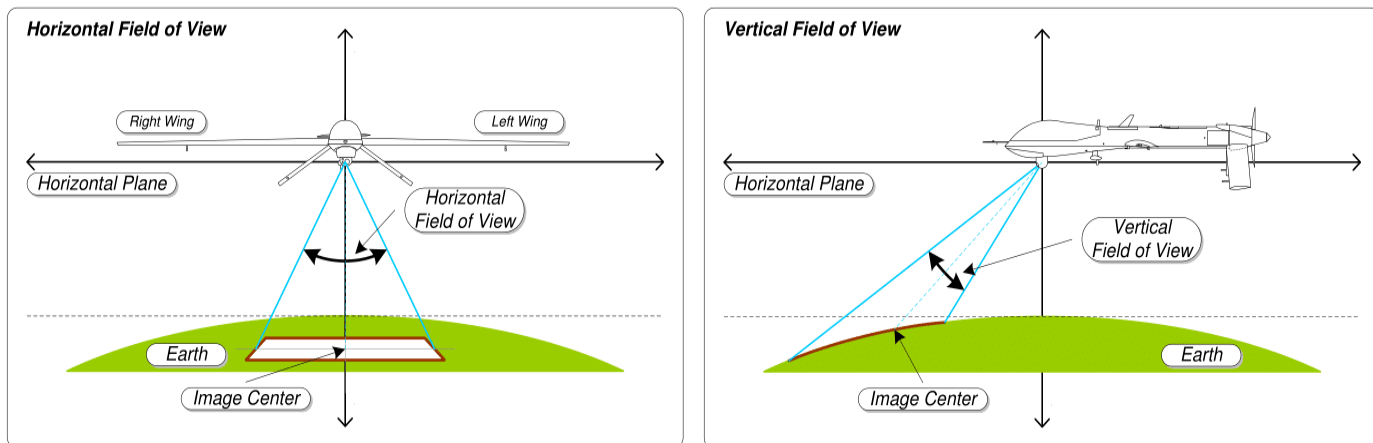


Figura 14.- Efecte del “Field of View”, FOV, sobre la quantitat de terreny observat.

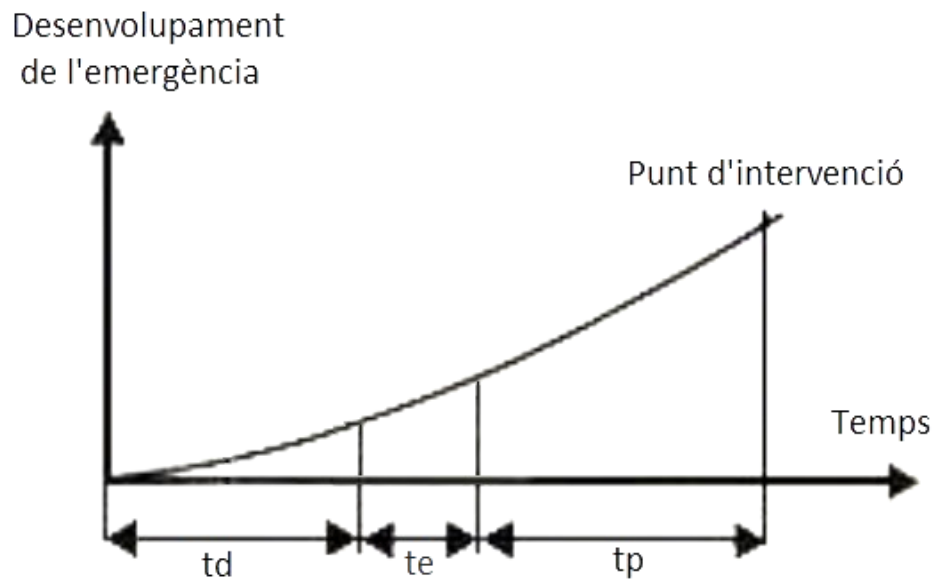


Figura 15.- Antena seleccionada per amplificar l’abast del senyal.



Figura 16.- Circumferència que indica la zona restringida a vols de drons.

2.- GRÀFICS.



Gràfic 2.1.-Etapes des que s'inicia una emergència fins que s'intervé.



Gràfic 2.2.-Sistemes de detecció d'incendis i percentatge d'incendis detectats.

3.- TAULES

Taula 3.1.- Temps necessari per retornar a l'estació de control.

Distància a l'estació de control (m)	Temps de vol (min)	Distància a l'estació de control (m)	Temps de vol (min)
100	0,11	4000	4,15
200	0,21	4100	4,25
300	0,32	4200	4,35
400	0,42	4300	4,46
500	0,52	4400	4,56
600	0,63	4500	4,66
700	0,73	4600	4,77
800	0,83	4700	4,87
900	0,94	4800	4,97
1000	1,04	4900	5,08
1100	1,14	5000	5,18
1200	1,25	5100	5,28
1300	1,35	5200	5,39
1400	1,45	5300	5,49
1500	1,56	5400	5,60
1600	1,66	5500	5,70
1700	1,76	5600	5,80
1800	1,87	5700	5,91
1900	1,97	5800	6,01
2000	2,08	5900	6,11
2100	2,18	6000	6,22
2200	2,28	6100	6,32
2300	2,39	6200	6,42
2400	2,49	6300	6,53
2500	2,59	6400	6,63
2600	2,70	6500	6,75
2700	2,80	6600	6,85
2800	2,90	6700	6,94
2900	3,00	6800	7,04
3000	3,11	6900	7,15
3100	3,21	7000	7,25
3200	3,32	7100	7,35
3300	3,42	7200	7,46
3400	3,52	7300	7,56
3500	3,63	7400	7,67
3600	3,73	7500	7,77
3700	3,84	7600	7,87
3800	3,94	7700	7,98
3900	4,04	7800	8,08

ANNEX IV: NORMATIVA DELS DRONS.

*Sección 6.ª Aeronaves civiles pilotadas por control remoto***Artículo 50. Operación de aeronaves civiles pilotadas por control remoto.**

1. Hasta tanto se produzca la entrada en vigor de la disposición reglamentaria prevista en la disposición final segunda, apartado 2., las operaciones de aeronaves civiles pilotadas por control remoto quedan sujetas a lo establecido en esta disposición.

El cumplimiento de lo dispuesto en esta disposición no exime al operador, que es, en todo caso, el responsable de la aeronave y de la operación, del cumplimiento del resto de la normativa aplicable, en particular en relación con el uso del espectro radioeléctrico, la protección de datos o la toma de imágenes aéreas, ni de su responsabilidad por los daños causados por la operación o la aeronave.

2. Las aeronaves civiles pilotadas por control remoto cuya masa máxima al despegue exceda de 25 Kg. deben estar inscritas en el Registro de matrícula de aeronaves y disponer de certificado de aeronavegabilidad, quedando exentas del cumplimiento de tales requisitos las aeronaves civiles pilotadas por control remoto con una masa máxima al despegue igual o inferior.

Además, todas las aeronaves civiles pilotadas por control remoto deberán llevar fijada a su estructura una placa de identificación en la que deberá constar, de forma legible a simple vista e indeleble, la identificación de la aeronave, mediante la designación específica y, en su caso, número de serie, así como el nombre de la empresa operadora y los datos necesarios para ponerse en contacto con la misma.

3. Podrán realizarse actividades aéreas de trabajos técnicos o científicos por aeronaves civiles pilotadas por control remoto, de día y en condiciones meteorológicas visuales con sujeción a los siguientes requisitos:

a) Sólo podrán operar en zonas fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre, en espacio aéreo no controlado, más allá del alcance visual del piloto, dentro del alcance de la emisión por radio de la estación de control y a una altura máxima sobre el terreno no mayor de 400 pies (120 m.), las aeronaves civiles pilotadas por control remoto cuya masa máxima al despegue sea inferior a 2 Kg, siempre que cuenten con medios para poder conocer la posición de la aeronave. La realización de los vuelos estará condicionada a la emisión de un NOTAM por el proveedor de servicios de información aeronáutica, a solicitud del operador debidamente habilitado, para informar de la operación al resto de los usuarios del espacio aéreo de la zona en que ésta vaya a tener lugar.

b) Las aeronaves civiles pilotadas por control remoto cuya masa máxima al despegue no exceda de 25 Kg., sólo podrán operar en zonas fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre, en espacio aéreo no controlado, dentro del alcance visual del piloto, a una distancia de éste no mayor de 500 m. y a una altura sobre el terreno no mayor de 400 pies (120 m.).

c) Las aeronaves civiles pilotadas por control remoto cuya masa máxima al despegue exceda de 25 Kg. y no sea superior a 150 Kg. y aquéllas cuya masa máxima de despegue sea igual o superior a 150 kg. destinadas a la realización de actividades de lucha contra incendios o búsqueda y salvamento, sólo podrán operar, con las condiciones y limitaciones establecidas en su certificado de aeronavegabilidad emitido por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, en espacio aéreo no controlado.

d) Además, las operaciones previstas en las letras precedentes requerirán:

1.º Que el operador disponga de la documentación relativa a la caracterización de las aeronaves que vaya a utilizar, incluyendo la definición de su configuración, características y prestaciones.

2.º Que se disponga de un Manual de operaciones del operador que establezca los procedimientos de la operación.

3.º Que haya realizado un estudio aeronáutico de seguridad de la operación u operaciones, en el que se constate que la misma puede realizarse con seguridad. Este

estudio, que podrá ser genérico o específico para un área geográfica o tipo de operación determinado, tendrá en cuenta las características básicas de la aeronave o aeronaves a utilizar y sus equipos y sistemas.

4.º Que se hayan realizado, con resultado satisfactorio, los vuelos de prueba que resulten necesarios para demostrar que la operación pretendida puede realizarse con seguridad.

5.º Que se haya establecido un programa de mantenimiento de la aeronave, ajustado a las recomendaciones del fabricante.

6.º Que la aeronave esté pilotada por control remoto por pilotos que cumplan los requisitos establecidos en esta disposición.

7.º Se exigirá a los operadores de las aeronaves civiles pilotadas por control remoto, una póliza de seguro u otra garantía financiera que cubra la responsabilidad civil frente a terceros por daños que puedan surgir durante y por causa de la ejecución del vuelo, según los límites de cobertura que se establecen en el Real Decreto 37/2001, de 19 de enero, por el que se actualiza la cuantía de las indemnizaciones por daños previstas en la Ley 48/1960, de 21 de julio, de Navegación Aérea, para las aeronaves de peso inferior a 20 Kilogramos de peso máximo al despegue. Así mismo, para aquellas aeronaves cuyo peso sea superior a 20 Kilogramos de peso máximo al despegue será aplicable el límite de cobertura establecido en el Reglamento (CE) n.º 785/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de abril de 2004. Sobre los requisitos de seguro de las compañías aéreas y operadores aéreos.

8.º Que se hayan adoptado las medidas adecuadas para proteger a la aeronave de actos de interferencia ilícita durante las operaciones, incluyendo la interferencia deliberada del enlace de radio y establecido los procedimientos necesarios para evitar el acceso de personal no autorizado a la estación de control y a la ubicación de almacenamiento de la aeronave.

9.º Que se hayan adoptado las medidas adicionales necesarias para garantizar la seguridad de la operación y para la protección de las personas y bienes subyacentes.

10.º Que la operación se realice a una distancia mínima de 8 km. respecto de cualquier aeropuerto o aeródromo o, para el caso de vuelos encuadrados en el apartado 3, letra a), si la infraestructura cuenta con procedimientos de vuelo instrumental, a una distancia mínima de 15 km. de su punto de referencia. En otro caso y para los supuestos contemplados en este número, que se hayan establecido los oportunos mecanismos de coordinación con dichos aeródromos o aeropuertos. La coordinación realizada deberá documentarse, estando obligado el operador a conservarla a disposición de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea.

4. Asimismo, podrán realizarse los siguientes tipos de vuelos por aeronaves civiles pilotadas por control remoto, de día y en condiciones meteorológicas visuales, en espacio aéreo no controlado, dentro del alcance visual del piloto, o, en otro caso, en una zona del espacio aéreo segregada al efecto y siempre en zonas fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre:

a) Vuelos de prueba de producción y de mantenimiento, realizados por fabricantes u organizaciones dedicadas al mantenimiento.

b) Vuelos de demostración no abiertos al público, dirigidos a grupos cerrados de asistentes a un determinado evento o de clientes potenciales de un fabricante u operador.

c) Vuelos para programas de investigación, nacionales o europeos, en los que se trate de demostrar la viabilidad de realizar determinada actividad con aeronaves civiles pilotadas por control remoto.

d) Vuelos de desarrollo en los que se trate de poner a punto las técnicas y procedimientos para realizar una determinada actividad con aeronaves civiles pilotadas por control remoto previos a la puesta en producción de esa actividad.

e) Vuelos de I+D realizados por fabricantes para el desarrollo de nuevos productos.

f) Vuelos de prueba necesarios para demostrar de que las actividades solicitadas conforme al apartado 3 pueden realizarse con seguridad.

La realización de estos vuelos requerirá además, el cumplimiento de los requisitos establecidos en el apartado 3, letra d), números 1.º, 3.º, 6.º, 7.º, 8.º, 9.º y 10.º, y, además, establecer una zona de seguridad en relación con la zona de realización del vuelo.

En los casos en que la operación se vaya a realizar por un operador no sujeto a la supervisión de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, deberá disponer de la autorización de la autoridad aeronáutica del país de origen para la realización de la actividad de que se trate y acreditar ante la Agencia Estatal de Seguridad Aérea que los requisitos de aquella autoridad son al menos equivalentes a los establecidos en este apartado.

5. Los pilotos deberán acreditar los siguientes requisitos:

a) Ser titulares de cualquier licencia de piloto, incluyendo la licencia de piloto de ultraligero, emitida conforme a la normativa vigente, o haberlo sido en los últimos cinco años y no haber sido desposeídos de la misma en virtud de un procedimiento sancionador, o

b) Demostrar de forma fehaciente que disponen de los conocimientos teóricos necesarios para la obtención de cualquier licencia de piloto, incluyendo la licencia de piloto de ultraligero, o

c) Para las aeronaves de masa máxima al despegue no superior a 25 Kg., disponer:

1.º Para volar dentro del alcance visual del piloto, de un certificado básico para el pilotaje de aeronaves civiles pilotadas por control remoto, emitido por una organización de formación aprobada, conforme al anexo VII del Reglamento (UE) n.º 1178/2011, de la Comisión, de 3 de noviembre de 2011, por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos relacionados con el personal de vuelo de la aviación civil, que acredite que dispone de los conocimientos teóricos adecuados en las materias de: Normativa aeronáutica, Conocimiento general de las aeronaves (genérico y específico), Performance de la aeronave, Meteorología, Navegación e interpretación de mapas, Procedimientos operacionales, Comunicaciones y Factores humanos para aeronaves civiles pilotadas por control remoto.

2.º Para volar más allá del alcance visual del piloto, de certificado avanzado para el pilotaje de aeronaves civiles pilotadas por control remoto, emitido por una organización de formación aprobada, conforme al anexo VII del Reglamento (UE) n.º 1178/2011, de la Comisión, que acredite además de los conocimientos teóricos señalados en el número 1.º, conocimientos de servicios de tránsito aéreo y comunicaciones avanzadas.

d) Además, en los supuestos previstos en las letras b) y c), deberán acreditar:

1.º Tener 18 años de edad cumplidos.

2.º Los pilotos que operen aeronaves de hasta 25 kilos de masa máxima al despegue deberán ser titulares, como mínimo, de un certificado médico que se ajuste a lo previsto en el apartado MED.B.095 del anexo IV, Parte MED, del Reglamento (UE) n.º 1178/2011, de la Comisión, de 3 de noviembre de 2011, por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos relacionados con el personal de vuelo de la aviación civil en virtud del Reglamento (CE) n.º 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, en relación a los certificados médicos para la licencia de piloto de aeronave ligera (LAPL).

3.º Los pilotos que operen aeronaves de una masa máxima al despegue superior a 25 kilos deberán ser titulares como mínimo de un certificado médico de Clase 2, que se ajuste a los requisitos establecidos por la Sección 2, de la Subparte B, d anexo IV, Parte MED, del Reglamento (UE) n.º 1178/2011, de la Comisión, emitido por un centro médico aeronáutico o un médico examinador aéreo autorizado.

e) Además, en todos los casos, deberán disponer de un documento que acredite que disponen de los conocimientos adecuados de la aeronave y sus sistemas, así como

de su pilotaje, emitido bien por el operador, bien por el fabricante de la aeronave o una organización autorizada por éste, o bien por una organización de formación aprobada. En ningún caso dicho documento podrá haber sido emitido por el piloto para el que solicita la autorización.

6. El ejercicio de las actividades previstas en los apartados 3 y 4 por aeronaves cuya masa máxima al despegue sea igual o inferior a 25 Kg., estará sujeta a la comunicación a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea con una antelación mínima de cinco días al día del inicio de la operación. La comunicación previa deberá contener:

- a) Los datos identificativos del operador, de las aeronaves que vayan a utilizarse en la operación y de los pilotos que la realicen, así como las condiciones en que cada uno de ellos acredita los requisitos exigibles conforme al apartado 5.
- b) La descripción de la caracterización de dichas aeronaves, incluyendo la definición de su configuración, características y prestaciones.
- c) El tipo de trabajos técnicos o científicos que se vayan a desarrollar o, en otro caso, los vuelos que se vayan a realizar y sus perfiles, así como de las características de la operación.
- d) Las condiciones o limitaciones que se va a aplicar a la operación o vuelo para garantizar la seguridad.

Junto a la comunicación previa, el operador deberá presentar una declaración responsable en el que manifieste, bajo su responsabilidad, que cumple con cada uno de los requisitos exigibles conforme a lo previsto en esta disposición para la realización de las actividades u operaciones comunicadas, que dispone de la documentación que así lo acredita y que mantendrá el cumplimiento de dichos requisitos en el período de tiempo inherente a la realización de la actividad. Además de esta declaración responsable el operador deberá presentar el Manual de operaciones, el estudio aeronáutico de seguridad y la documentación acreditativa de tener suscrito el seguro obligatorio exigidos, respectivamente, por el apartado 3, letra d), números 2.º, 3.º y 7.º, y apartado 4. Cuando la comunicación previa se refiera a las operaciones previstas en el apartado 3, deberá presentarse junto a esta documentación el programa de mantenimiento y acreditación de la realización de los vuelos de prueba con resultado satisfactorio a que se refieren los números 4.º y 5.º de la letra d) de dicho apartado.

Cualquier modificación de la comunicación deberá ser comunicada a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea con una antelación mínima de 5 días al día de la implementación de la modificación, presentando actualizada la declaración responsable y, en su caso, la documentación acreditativa complementaria prevista en este apartado.

La Agencia Estatal de Seguridad Aérea está obligada a emitir un acuse de recibo en el plazo de 5 días a contar desde el día de recepción de la documentación en el que, como mínimo, figuren las actividades para cuyo ejercicio queda habilitado por la comunicación o su modificación.

7. El ejercicio de las actividades previstas en los apartados 3 y 4 por aeronaves cuya masa máxima al despegue exceda de 25 Kg. así como cualquier modificación en las condiciones de ejercicio de dichas actividades o de los requisitos acreditados, estará sujeta a la previa autorización de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, conforme a lo previsto en este apartado.

La solicitud de autorización y sus modificaciones tendrá el contenido mínimo previsto para la comunicación previa en el apartado anterior y junto a ella deberá presentarse la declaración responsable y documentación complementaria exigida en dicho apartado.

8. La comunicación previa o autorización de la realización de los trabajos técnicos o científicos previstos en el apartado 3, y sus modificaciones habilita para el ejercicio de la actividad por tiempo indefinido, en el caso de las operaciones sujetas a comunicación previa una vez transcurrido el plazo de cinco días a que se refiere el apartado 6, con sujeción, en todo caso, al cumplimiento de los requisitos exigidos y en tanto se mantenga su cumplimiento.

La comunicación previa o autorización de la realización de los vuelos previstos en el apartado 4, y sus modificaciones habilita exclusivamente para la realización de aquellos vuelos que, según sea el caso, se hayan autorizado o comunicado con la antelación prevista en el apartado 6 y con sujeción, en todo caso, al cumplimiento de los requisitos exigidos y en tanto se mantenga su cumplimiento.

Los operadores habilitados conforme a lo previsto en esta disposición para el ejercicio de las actividades aéreas a que se refiere el apartado 3, podrán realizar, bajo su responsabilidad, vuelos que no se ajusten a las condiciones y limitaciones previstas en los apartados 3 y 4 en situaciones de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública, así como para la protección y socorro de personas y bienes en los casos en que dichas situaciones se produzcan, cuando les sea requerido por las autoridades responsables de la gestión de dichas situaciones.

9. Reglamentariamente se establecerá el régimen jurídico a que queda sujeta la operación e aeronaves civiles pilotadas por control remoto, en otros supuestos distintos de los contemplados en este real decreto-ley

10. Por resolución del Director de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea se podrán establecer los medios aceptables de cumplimiento cuya observancia acredita el cumplimiento de los requisitos establecidos en esta disposición.

Sección 7.ª Otras reformas en materia de navegación y seguridad aérea

Artículo 51. Modificación de la Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea.

La Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea queda modificada de la siguiente manera:

Uno. El artículo 11 queda redactado como sigue:

«Artículo once.

Se entiende por aeronave:

- a) Toda construcción apta para el transporte de personas o cosas capaz de moverse en la atmósfera merced a las reacciones del aire, sea o no más ligera que éste y tenga o no órganos motopropulsores.
- b) Cualquier máquina pilotada por control remoto que pueda sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.»

Dos. El artículo 150 queda redactado de la siguiente manera:

«Artículo ciento cincuenta.

1. Las aeronaves de transporte privado de Empresas, las de Escuelas de Aviación, las dedicadas a trabajos técnicos o científicos y las de turismo y las deportivas, quedarán sujetas a las disposiciones de esta Ley, en cuanto les sean aplicables, con las excepciones que a continuación se expresan:

Primera. No podrán realizar ningún servicio público de transporte aéreo de personas o de cosas, con o sin remuneración.

Segunda. Podrán utilizar terrenos diferentes de los aeródromos oficialmente abiertos al tráfico, previa autorización de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea.

2. Las aeronaves civiles pilotadas por control remoto, cualesquiera que sean las finalidades a las que se destinan excepto las que sean utilizadas exclusivamente con fines recreativos o deportivos, quedarán sujetas asimismo a lo establecido en esta Ley y en sus normas de desarrollo, en cuanto les sean aplicables. Estas aeronaves no estarán obligadas a utilizar infraestructuras aeroportuarias

autorizadas, salvo en los supuestos en los que así se determine expresamente en su normativa específica.»

Tres. El párrafo primero del artículo 151 queda redactado como sigue:

«Las actividades aéreas que se realicen a los fines del artículo anterior, excepto las de turismo y las deportivas, requerirán la comunicación previa a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea o su autorización, a efectos de mantener la seguridad en las operaciones aeronáuticas y de terceros, en los casos en que la naturaleza de estas operaciones, el entorno o circunstancias en que se realizan supongan riesgos especiales para cualquiera de ellos, y estarán sometidas a su inspección en los términos establecidos por la legislación vigente.»

Cuatro. Se adiciona una nueva disposición transitoria tercera del siguiente tenor:

«Disposición transitoria tercera. *Régimen transitorio en materia de autorizaciones.*

En tanto no sea de aplicación la normativa específica que regule la comunicación previa prevista en el artículo 151, será exigible la previa autorización de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea para el ejercicio de las actividades previstas en dicho precepto.»

Artículo 52. Modificación de la ley 13/1996, de 30 de diciembre, de medidas fiscales administrativas y del orden social.

El artículo 166 de la Ley 13/1996, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social, queda redactado como sigue:

«Artículo 166.

1. Para garantizar las necesidades del tránsito y transporte aéreo y, en relación con los aeropuertos de interés general, el cumplimiento de los fines de interés general establecidos en el artículo 21 del Real Decreto-ley 8/2014, de 4 de julio, así como las necesidades de gestión del espacio aéreo y los servicios de navegación aérea, el Ministerio de Fomento delimitará para los aeropuertos de interés general una zona de servicio que incluirá las superficies necesarias para la ejecución de las actividades aeroportuarias, las destinadas a las tareas complementarias de ésta y los espacios de reserva que garanticen la posibilidad de desarrollo y crecimiento del conjunto y aprobará el correspondiente Plan Director de la misma en el que se incluirán, además de las actividades contempladas en el artículo 39 de la Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea, los usos industriales y comerciales cuya localización en ella resulte necesaria o conveniente por su relación con el tráfico aéreo o por los servicios que presten a los usuarios del mismo.

En la tramitación de los Planes Directores se recabará el informe de la correspondiente Comunidad Autónoma y de otras administraciones públicas afectadas, en relación con sus respectivas competencias, en particular en materia urbanística y de ordenación del territorio, en los términos previstos reglamentariamente.

2. Los planes generales y demás instrumentos generales de ordenación urbana calificarán los aeropuertos y su zona de servicio como sistema general aeroportuario y no podrán incluir determinaciones que supongan interferencia o perturbación en el ejercicio de las competencias de explotación aeroportuaria.

Dicho sistema general aeroportuario se desarrollará a través de un plan especial o instrumento equivalente, que se formulará por el gestor, de acuerdo con las previsiones contenidas en el correspondiente Plan Director y se tramitará y aprobará de conformidad con lo establecido en la legislación urbanística aplicable.

La autoridad urbanística competente para la aprobación del Plan Especial dará traslado al gestor del acuerdo de aprobación provisional del mismo para que éste se pronuncie en el plazo de un mes sobre los aspectos de su incumbencia, en caso de desacuerdo entre ambos se abrirá un período de consultas por un plazo de seis meses y si, al término del mismo, no se hubiere logrado un acuerdo expreso entre ellas sobre el contenido del Plan Especial, se remitirá el expediente al Consejo de Ministros al que corresponderá informar con carácter vinculante.

3. Las obras que realice el gestor dentro del sistema general aeroportuario deberán adaptarse al plan especial de ordenación del espacio aeroportuario o instrumento equivalente. Para la constatación de este requisito, deberán someterse a informe de la administración urbanística competente, que se entenderá emitido en sentido favorable si no se hubiera evacuado de forma expresa en el plazo de un mes desde la recepción de la documentación. En el caso de que no se haya aprobado el plan especial o instrumento equivalente, a que se refiere el apartado 2 de este artículo, las obras que realice el gestor en el ámbito aeroportuario deberán ser conformes con el Plan Director del Aeropuerto.

Las obras de nueva construcción, reparación y conservación que se realicen en el ámbito del aeropuerto y su zona de servicio por el gestor no estarán sometidas a los actos de control preventivo municipal a que se refiere el artículo 84.1.b) de la Ley 7/1985, de 2 de abril, reguladora de las Bases del Régimen Local, por constituir obras públicas de interés general.»

Artículo 53. *Modificación de la Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea.*

La Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea, queda modificada de la siguiente manera:

Uno. El artículo 4 queda redactado en los siguientes términos:

«Artículo 4. *Competencias en materia de estructura y gestión del espacio aéreo y de la circulación aérea.*

1. Las competencias en materia de estructura y gestión del espacio aéreo y de circulación aérea corresponde a los Ministerios de Defensa y Fomento en los términos establecidos en este artículo.

2. Corresponde a los Ministerios de Defensa y Fomento la definición y establecimiento de la política y estrategia para la estructuración y gestión del espacio aéreo, así como la adopción de las medidas específicas en este ámbito de acuerdo con lo establecido en la Unión Europea y teniendo en cuenta las necesidades de la defensa nacional.

Salvo en las situaciones descritas en los apartados 3, letra c), y 4 estas competencias se ejercerán conjuntamente en los términos previstos reglamentariamente, cuando proceda a través de la Comisión Interministerial prevista en el artículo 6.

3. Corresponde al Ministerio de Defensa:

a) La vigilancia, control y defensa del espacio aéreo de soberanía española, así como el control de la circulación aérea general en tiempos de conflicto armado, como responsable principal de la defensa aérea de España.

b) La ordenación y control de la circulación aérea operativa.

c) El control de la circulación aérea general y el establecimiento de las medidas que afecten a la estructuración, gestión y condiciones de uso del espacio cuando así lo determine el Presidente del Gobierno o el Ministro de Defensa por concurrir, respectivamente, circunstancias extraordinarias o situaciones de emergencia que así lo aconsejen.

4. Corresponde al Ministerio de Fomento la ordenación y control de la circulación aérea general en tiempo de paz y, en situaciones de crisis que afecten al espacio aéreo, distintas de las previstas en el apartado 3, letra c), el establecimiento de las condiciones de uso del espacio aéreo para las aeronaves civiles.»

Dos. Se adiciona un nuevo artículo 4 bis, que queda redactado como sigue:

«Artículo 4 bis. *Competencias en materia de infraestructuras militares abiertas al tráfico civil y salvaguarda de los intereses de la defensa en otros ámbitos.*

1. En las bases aéreas o aeródromos militares abiertos al tráfico civil, corresponde al Comandante de la base la jefatura de todas las instalaciones, la responsabilidad del funcionamiento de todos los elementos imprescindibles para asegurar la continuidad operativa y adoptar las medidas que procedan para garantizar los intereses de la defensa nacional y de la aviación militar.

La coordinación, explotación, conservación y administración de la zona abierta al tráfico civil corresponde a la persona designada al efecto conforme a lo previsto en las disposiciones reglamentarias de aplicación que ejercerá sus funciones exclusivamente en relación con el tráfico civil.

2. En cada aeropuerto y aeródromo público civil o conjunto de ellos que correspondan a una misma demarcación, se establecerá una Comandancia Militar Aérea para representar los intereses de la defensa nacional y de la aviación militar, cuyo comandante ejercerá las competencias propias del Ministerio de Defensa.

3. El Ministerio de Defensa y los órganos responsables de la gestión de la infraestructura destinada al tráfico civil formalizarán los acuerdos pertinentes para la compensación por los servicios prestados conforme a lo previsto en los apartados precedentes, a cuyo efecto se efectuarán las previsiones presupuestarias correspondientes.

4. El mantenimiento de la seguridad y el orden público en los aeropuertos y aeródromos civiles de uso público y demás instalaciones de la aviación civil corresponderá al Ministerio del Interior.»

Tres. Los artículos 5 y 6 quedan redactados como sigue:

«Artículo 5. *Competencias del Ministerio de Fomento.*

1. Además de las competencias previstas en el artículo 4, corresponde al Ministerio de Fomento:

a) La ordenación, supervisión y garantía de la prestación de los servicios, sistemas e instalaciones civiles de navegación aérea, así como las funciones de supervisión de la normativa en materia de cielo único europeo en los términos que establece esta Ley y sus disposiciones de desarrollo.

b) La calificación de los aeropuertos civiles de interés general y la aprobación de sus planes directores.

c) La ordenación, supervisión y garantía de la prestación de los servicios aeroportuarios en los aeropuertos civiles de interés general, así como la ordenación y supervisión de la seguridad operacional en el resto de las infraestructuras aeroportuarias civiles.

d) El mantenimiento del registro de matrícula de aeronaves civiles.

e) La ordenación y supervisión del transporte aéreo.

f) La ordenación y supervisión de las actividades y trabajos aéreos, así como de la aviación general y deportiva.

g) La ordenación, verificación y control del cumplimiento de los requisitos y procedimientos establecidos para garantizar la seguridad aérea en relación con el

diseño, fabricación, mantenimiento, uso y operación de las aeronaves civiles y, en general, de los productos, componentes y equipos aeronáuticos civiles.

h) La ordenación, otorgamiento y supervisión de los títulos que habilitan a las personas y organizaciones civiles para la realización de actividades aeronáuticas civiles y el control del cumplimiento de los requisitos y obligaciones en cada caso exigibles.

i) El reconocimiento y aceptación de los títulos, licencias, autorizaciones o certificados expedidos por autoridades de otros Estados y que sean requeridos para el ejercicio de profesiones aeronáuticas.

j) La ordenación, dirección y ejecución de la inspección aeronáutica civil, en el ámbito de las competencias de la Administración General del Estado.

k) El ejercicio de la potestad sancionadora en materia de aviación civil.

2. La competencia prevista en el apartado 1 no abarcará a los servicios, sistemas e instalaciones de navegación aérea militar asociados a las bases aéreas, las bases aéreas abiertas al tráfico civil, la zona militar de los aeródromos utilizados conjuntamente por una base aérea y un aeropuerto y los aeródromos y helipuertos militares, cuya verificación y control serán ejercidos por el Ministerio de Defensa.

No obstante lo dispuesto en el párrafo anterior, los Ministerios de Defensa y Fomento podrán acordar que la verificación y control del cumplimiento de los requisitos exigibles para la provisión de servicios a las aeronaves civiles y a la circulación aérea general por parte de las instalaciones, sistemas de navegación aérea e infraestructuras de carácter militar, así como a su personal, se realice por el Ministerio de Fomento. El ejercicio de estas funciones por el Ministerio de Fomento en ningún caso supondrá la atribución a éste de competencias administrativas o sancionadoras sobre las instalaciones, sistemas, infraestructuras y personal militar que, en su caso, corresponderá al Ministerio de Defensa.

Artículo 6. *Coordinación entre los Ministerios de Defensa y de Fomento.*

1. La coordinación de las actuaciones que, en el ámbito de sus respectivas competencias, corresponden a los Ministerios de Defensa y de Fomento se realizará a través de una Comisión interministerial integrada por representantes de ambos Departamentos. Reglamentariamente se establecerá la composición, los órganos, las normas de funcionamiento y las funciones de esta Comisión que, en todo caso, incluirán:

a) El informe de los proyectos de disposiciones de carácter general sobre personal e infraestructuras, civiles o militares, que afecten a las competencias de ambos Departamentos y circulación aérea.

b) El informe de la política y estrategia en materia de estructuración, uso y gestión del espacio aéreo, incluyendo la relativa a la coordinación y cooperación con los Estados limítrofes en materia de uso flexible del espacio aéreo, sin perjuicio de las competencias de otros Departamentos ministeriales.

c) Las funciones, incluidas las ejecutivas y de resolución, de gestión estratégica del espacio aéreo que se le atribuyan reglamentariamente, de entre las previstas en el artículo 4 del Reglamento (CE) n.º 2150/2005, de la Comisión, de 23 de diciembre de 2005, por el que se establecen normas comunes para la utilización flexible del espacio aéreo.

2. Las resoluciones dictadas en el ejercicio de funciones decisorias por el órgano que integre a todos los miembros de la Comisión interministerial prevista en este artículo, ponen fin a la vía administrativa, siendo recurribles ante la Jurisdicción Contencioso Administrativa.

Cuando reglamentariamente se atribuyeran funciones decisorias a otros órganos de funcionamiento de la citada Comisión, sus resoluciones serán

recurribles ante el órgano citado en el párrafo anterior conforme al procedimiento previsto para el recurso de alzada.»

Cuatro. El artículo 32 queda redactado en los siguientes términos:

«Artículo 32. *Sujetos de las obligaciones por razones de seguridad.*

1. Están sujetos al cumplimiento de las obligaciones por razones de seguridad que en este título se establecen las siguientes personas y organizaciones:

- a) Personal aeronáutico.
- b) Escuelas de vuelo y centros de formación aeronáutica y aeroclubes.
- c) Entidades dedicadas al diseño, producción y mantenimiento de las aeronaves y productos aeronáuticos.
- d) Operadores aéreos.
- e) Compañías aéreas y empresas de trabajos aéreos.
- f) Proveedores de servicios de navegación aérea.
- g) Agentes y proveedores de servicios aeroportuarios.
- h) Gestores de los aeropuertos, aeródromos y demás instalaciones aeroportuarias.
- i) Pasajeros, otros usuarios de los servicios aeronáuticos.
- j) Entidades colaboradoras en materia de inspección aeronáutica.

2. Asimismo están sujetas al cumplimiento de las obligaciones establecidas por razones de seguridad cualesquiera personas físicas o jurídicas cuyas acciones u omisiones, en los términos previstos en este título, puedan poner en riesgo la seguridad, regularidad o continuidad de las operaciones.»

Cinco. En el título IV se adiciona un nuevo artículo 42 bis del siguiente tenor:

«Artículo 42 bis. *Obligaciones específicas en relación con los riesgos a la seguridad, regularidad o continuidad de las operaciones.*

Los sujetos a que se refiere el artículo 32 están obligados a:

Abstenerse, en el interior o exterior del recinto aeroportuario, incluso fuera del ámbito de protección de las servidumbres aeronáuticas establecidas cualesquiera, de realizar cualesquiera actos o actividades o de usar elementos, objetos o luces, incluidos proyectores o emisores láser, que puedan inducir a confusión o error, interferir o poner en riesgo la seguridad o regularidad de las operaciones aeronáuticas.»

Seis. Se adiciona un nuevo artículo 48 ter que queda redactado como sigue:

«Artículo 48 ter. *Infracciones en relación con la gestión de afluencia de tránsito aéreo (ATFM).*

1. En el marco del Reglamento (UE) n.º 255/2010, de la Comisión, de 25 de marzo de 2010, por el que se establecen normas comunes sobre la gestión de afluencia del tránsito aéreo (en el resto del artículo, el Reglamento), constituyen infracciones administrativas en materia de gestión de afluencia del tránsito aéreo (en adelante ATFM) las establecidas en este artículo.

2. Son infracciones leves las acciones u omisiones siguientes:

a) En relación con los proveedores de servicios de tránsito aéreo:

1.ª La falta de coordinación de las unidades de los servicios de tránsito aéreo (en adelante, ATS), mediante la unidad ATFM local, con la unidad central ATFM cuando deban aplicarse medidas ATFM.

2.^a La omisión por parte de las oficinas de notificación ATS, del intercambio de información entre pilotos u operadores y la unidad local o central ATFM, cuando así proceda.

3.^a La falta de coordinación, por parte de las unidades ATS con el gestor del aeropuerto de que se trate, de las medidas ATFM aplicadas a los aeropuertos.

4.^a La falta de notificación por las unidades ATS a la unidad central ATFM, por medio de la unidad local ATFM, de todas las incidencias que puedan afectar a la capacidad de control de tránsito aéreo o a la demanda de tránsito aéreo.

5.^a La falta de información con los niveles de calidad requeridos o su suministro en tiempo o forma indebidos, por parte de las unidades ATS a la unidad central ATFM, de los siguientes datos y sus actualizaciones posteriores:

- i) disponibilidad del espacio aéreo en los sectores de control de tránsito aéreo (en adelante, ATC) y estructuras de las rutas definidas permanentes;
- ii) configuraciones y activaciones de sector de la unidad ATS;
- iii) tiempos de rodaje en el aeródromo;
- iv) capacidades del sector de control del tránsito aéreo y del aeropuerto, en lo que se refiere a los valores de capacidad ATC;
- v) disponibilidad de ruta en aplicación de la utilización flexible del espacio aéreo con arreglo al Reglamento (CE) n.º 2150/2005 de la Comisión, de 23 de diciembre de 2005, por el que se establecen normas comunes para la utilización flexible del espacio aéreo;
- vi) posiciones de vuelo actualizadas;
- vii) desviaciones de los planes de vuelo;
- viii) disponibilidad del espacio aéreo en aplicación de la utilización flexible del espacio aéreo con arreglo al Reglamento (CE) n.º 2150/2005;
- ix) tiempos reales de despegue de los vuelos.

6.^a La comisión por parte del proveedor de servicios ATS de la torre del aeropuerto de salida de las siguientes acciones u omisiones:

- i) La no inclusión de una franja de salida ATFM como parte de la autorización de control de tránsito aéreo, cuando un vuelo esté sujeto a dicha franja.
- ii) La autorización de vuelos que no respeten las franjas de salida ATFM.
- iii) La autorización del despegue de vuelos que no respeten su hora fuera de calzos estimada, teniendo en cuenta la tolerancia temporal establecida.
- iv) La autorización del despegue de vuelos cuyo plan de vuelo haya sido rechazado o suspendido.
- v) La falta de información sobre el incumplimiento y sobre las medidas adoptadas para garantizar el respeto de las franjas de salida ATFM, cuando el respeto anual de las franjas de salida ATFM en un aeropuerto sea igual o inferior al 80%.
- vi) La falta de información sobre la autorización de despegue a una aeronave con plan de vuelo denegado o suspendido en el aeropuerto de salida y sobre las medidas adoptadas para evitar este tipo de situaciones.

b) En relación con los operadores aéreos:

1.^a La falta de plan de vuelo, para cada vuelo, cuando resulte exigible de conformidad con el Reglamento, o que dicho plan de vuelo no refleje correctamente el perfil de vuelo previsto.

2.^a La falta de incorporación a la operación de vuelo de las medidas ATFM aplicables y sus cambios y la omisión del deber de comunicarlas al piloto.

3.^a El incumplimiento de la hora fuera de calzos estimada, teniendo en cuenta la tolerancia temporal establecida en las disposiciones de la OACI aplicables conforme a lo previsto en el anexo del Reglamento.

4.^a La falta de actualización o de anulación de un plan de vuelo cuando así esté establecido reglamentariamente.

5.^a La falta de presentación de un informe a la unidad central ATFM sobre cada incumplimiento de las medidas AFTM que incluya detalles de las circunstancias que hayan dado lugar a la ausencia de plan de vuelo o a planes de vuelo múltiples y las medidas adoptadas para corregir dicho incumplimiento.

6.^a La falta de suministro, a los aeropuertos de salida y llegada, con antelación al vuelo, de la información necesaria para establecer una correlación entre el designador de vuelo indicado en el plan de vuelo y el notificado para la franja aeroportuaria correspondiente.

7.^a La falta de suministro de la información y detalles de las exenciones concedidas en relación con las medidas AFTM, cuando le sea solicitado por la autoridad competente.

8.^a El uso de las exenciones a las medidas AFTM no justificadas de acuerdo a la normativa aplicable.

c) En relación con los gestores aeroportuarios, la falta de notificación a la unidad central ATFM, directamente o por medio de la unidad local ATFM y de las unidades ATS o ambas, de todas las incidencias que puedan afectar a la capacidad de control del tránsito aéreo o a la demanda de tránsito aéreo, y la omisión de información a la unidad local ATFM y a las unidades ATS en el caso de notificaciones directas a la unidad central ATFM.

d) En relación con las entidades de gestión de la afluencia de tránsito aéreo:

1.^a La no puesta a disposición de la función ATFM local durante las veinticuatro horas del día.

2.^a La falta de la formación necesaria de su personal para el desempeño de sus funciones, así como no elaborar, facilitar y actualizar los manuales de operaciones que deberá aplicar dicho personal.

e) En relación con los gestores aeroportuarios y los proveedores de servicios de tránsito aéreo, la falta de coordinación previa con los operadores afectados por las situaciones críticas para establecer la pertinencia y el contenido de los procedimientos de contingencia, incluidas las posibles modificaciones de las normas de prioridad.

f) En relación con los proveedores de servicios de tránsito aéreo y las entidades de gestión de afluencia de tránsito aéreo, no establecer u obstaculizar el establecimiento de procedimientos coherentes para la cooperación en materia de gestión de afluencia de tránsito aéreo.

g) En relación con los operadores aéreos, los gestores aeroportuarios, los proveedores de servicios de tránsito aéreo y las entidades de gestión de afluencia de tránsito aéreo, la no adopción de las medidas que garanticen que su personal está debidamente informado de las disposiciones del Reglamento y recibe formación adecuada y que es competente para el desempeño de sus cometidos.

3. Las infracciones del apartado 1 constituirán infracciones graves cuando se produzca alguna de las circunstancias calificativas previstas en el apartado 2 del artículo 44.

4. Son infracciones muy graves:

a) El incumplimiento o cumplimiento defectuoso de los procedimientos ATFM de gestión de situaciones críticas declaradas.

b) Las infracciones leves cuando concorra alguna de las circunstancias calificativas previstas en el apartado 3 del artículo 44.»

Siete. Se modifica el artículo 52, apartado 1, para adicionarle una nueva letra g), enumerando la actual letra g) como letra h), del siguiente tenor:

«g) En las infracciones en relación con la gestión de afluencia del tránsito aéreo (ATFM), a los proveedores civiles de servicios de tránsito aéreo (ATS), a los operadores de aeronaves, a los gestores aeroportuarios o a las entidades de gestión de la afluencia de tránsito aéreo.»

Ocho. Se añade una nueva disposición adicional decimonovena con la siguiente redacción:

«Disposición adicional decimonovena. *Silencio administrativo negativo.*

1. Por razones imperiosas de interés general relativas a la seguridad aérea, se entenderán incluidos en la excepción prevista en el artículo 43.1 de la Ley 30/1992, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común los procedimientos sobre autorización de operaciones aéreas y uso de espacio aéreo y sobre operaciones especiales.

2. Por razones imperiosas de interés general en materia de seguridad, transcurrido el plazo máximo para notificar la resolución en los procedimientos de autorización de las operaciones y actividades realizadas por aeronaves pilotadas a control remoto sin que haya recaído resolución expresa, las autorizaciones solicitadas deberán entenderse denegadas por silencio administrativo.»

Nueve. Se introducen las siguientes modificaciones en el artículo 68:

1. En el artículo 68.2, se modifican las letras d) y e), que pasan a quedar redactadas como se indica a continuación, se suprime la letra i) y se reenumeran las letras j) y k), respectivamente, como i) y j):

«d) Por los servicios de inspección y control de pasajeros y equipajes en los recintos aeroportuarios así como los medios, instalaciones y equipamiento necesarios para la prestación de los servicios de control y vigilancia en las áreas de movimiento de aeronaves, zonas de libre acceso, zonas de acceso controlado y zonas restringidas de seguridad en todo el recinto aeroportuario ligados a las prestaciones patrimoniales de carácter público.

e) Por la puesta a disposición a los pasajeros de las instalaciones aeroportuarias no accesibles a los visitantes en terminales, plataformas y pistas, necesaria para poder hacer efectivo su contrato de transporte aéreo.»

2. Se suprime el apartado 3.

Diez. Se suprimen los artículos 73, 79, 80, 81, 91 y 92, el capítulo IV del título VI y las disposiciones adicionales decimocuarta y decimoquinta.

Artículo 54. *Modificación del Real Decreto-ley 13/2010, de 3 de diciembre, de actuaciones en el ámbito fiscal, laboral y liberalizadoras para fomentar la inversión.*

El Real Decreto-ley 13/2010, de 3 de diciembre, de actuaciones en el ámbito fiscal, laboral y liberalizadoras para fomentar la inversión, queda modificado de la siguiente manera:

Uno. La letra a) del artículo 8 queda redactada como sigue:

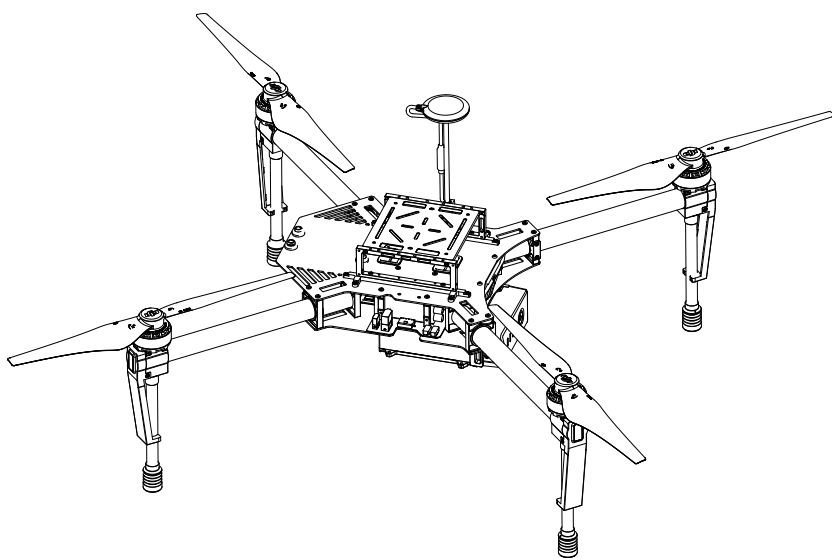
«a) Aplicará el mismo régimen de contratación previsto para la entidad pública empresarial ENAIRE, teniendo la consideración entre sí y con respecto a la Administración General del Estado de empresas asociadas a los efectos de la Ley 31/2007, de 30 de octubre, sobre procedimientos de contratación en los sectores del agua, la energía, los transportes y los servicios postales.

ANNEX V:
ESPECIFICACIONES
TÈCNIQUES DEL DRON
MATRICE 100.

DJI MATRICE 100

Product Specifications

V1.6 2016.03



Product Specifications

Structure

Diagonal Wheelbase	650 mm
Weight (with TB47D battery)	2355 g
Weight (with TB48D battery)	2431 g
Max Takeoff Weight	3600 g

Optional Accessories

Expansion Bay Weight	45 g
Battery Compartment Weight	160 g
Zenmuse X3 Gimbal and Camera Weight	247 g

Performance

Hovering Accuracy (P-Mode, with GPS)	Vertical: 0.5 m, Horizontal: 2.5 m
Max Angular Velocity	Pitch: 300°/s, Yaw: 150°/s
Max Pitch Angle	35°
Max Speed of Ascent	5 m/s
Max Speed of Descent	4 m/s
Max Wind Resistance	50 m/s
Max Speed	22 m/s (ATTI mode, no payload, no wind) 17 m/s (GPS mode, no payload, no wind)
Hovering Time (with TB47D battery)	No payload: 35 min; 500g payload: 17 min; 1kg payload: 20 min
Hovering Time (with TB48D battery)	No payload: 42 min; 500g payload: 20 min; 1kg payload: 30 min
Hovering Time (with two TB47D batteries)	No payload: 33 min
Hovering Time (with two TB48D batteries and Zenmuse XT)	No payload: 40 min

* The hovering time is based on flying at 10m above sea level in a no-wind environment and landing with 10% battery level.

Propulsion System	
Motor Model	DJI 3510
Propeller Model	DJI 1345s
ESC Model	DJI E SERIES 620D
Flight Control System	
Model	N1
Other	
Operating Temperature	-15 to 90 °C
Remote Controller	
Name	C1
Operating Frequency	5.725~5.825 GHz 922.7MHz~927.7 MHz (Japan) 2.400~2.483 GHz (Lightbridge)
Max Transmission Distance (unobstructed, free of interference)	FCC Compliant: 3.1 miles (5 km) CE Compliant: 2.1 miles (3.5 km)
EIRP	10dBm@900M 13dBm@5.8G 20dBm@2.4G
Video Output	USB, Mini-HDMI
Power Supply	Built-in battery
Charger	DJI approved charger
Dual Users Capability	Master-and-Slave control
Mobile Device Holder	Supports smartphones and tablets
Output Power	9 W
Operating Temperature	-10 to 40 °C
Storage Temperature	< 3 months: -20 to 45 °C > 3 months: 22 to 28 °C
Charging Temperature	0 to 40 °C
Battery	6000 mAh LiPo 2S
Max Tablet Width	170 mm
Charger	
Model	A14-100P1A
Voltage Output	26.3 V
Power Rating	100 W
Battery (Standard)	
Name	Intelligent Flight Battery
Model	TB47D
Capacity	4500 mAh

Voltage	22.2 V
Type	LiPo 6S High voltage battery
Energy	99.9 Wh
Net Weight	600 g
Operating Temperature	-15 to 90 °C
Storage Temperature	< 3 months: -20 to 45 °C > 3 months: 22 to 28 °C
Charging Temperature	0 to 40 °C
Max Charging Power	180 W
Battery (Optional)	
Name	Intelligent Flight Battery
Model	TB48D
Capacity	5700 mAh
Voltage	22.8 V
Type	LiPo 6S
Energy	129.96 Wh
Net Weight	676 g
Operating Temperature	-15 to 90 °C
Storage Temperature	< 3 months: -20 to 45 °C > 3 months: 22 to 28 °C
Charging Temperature	0 to 40 °C
Max Charging Power	180 W

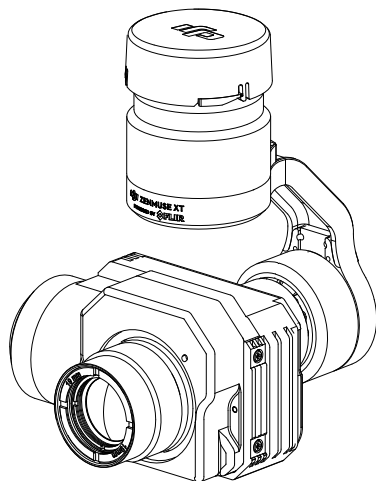
ANNEX VI:
ESPECIFICACIONS
TÈCNIQUES DE LA
CÀMERA ZENMUSE XT.

ZENMUSE XT

POWERED BY 

Product Specifications

V1.0 2016.03



Specifications

General		
Name	Zenmuse XT	
Dimensions	103 mm x 74 mm x 102 mm	
Weight	270 g	
Gimbal		
Angular Vibration Range	±0.03°	
Mount	Detachable	
Controllable Range	Tilt: +30° to -90°; Pan: ±320°; Roll: ±15°	
Mechanical Range	Tilt: +45° to -135°; Pan: ±320°; Roll: ±45°	
Max Controllable Speed	120°/s	
Camera		
Thermal Imager	Uncooled VOx Microbolometer	
FPA/Digital Video Display Formats	640 × 512	336 × 256
Analog Video Display Formats	720 × 480 (NTSC); 720 × 576 (PAL)	
Pixel Pitch	17 μm	
Spectral Band	7.5-13.5 μm	
Full Frame Rates	30 Hz (NTSC); 25 Hz (PAL)	
Exportable Frame Rates	7.5 Hz (NTSC); 8.3 Hz (PAL)	
Sensitivity (NEΔT)	<50 mK at f/1.0	
Scene Range (High Gain)	-13° to 275° F (-25° to 135° C)	-13° to 212° F (-25° to 100° C)
Scene Range (Low Gain)	-40° to 1022° F (-40° to 550° C)	
Spot Meter	Temperatures measured in central 4×4	
File Storage	Micro SD Card	
Photo Format	JPEG, TIFF	
Video Format	MP4	
Video Recording Bitrate	2 Mbps	
Support SD Cards	Micro SD; Max capacity: 32 GB	
Image Processing & Display Controls		
NTSC/PAL (Field Switchable)	Yes	
Image Optimization	Yes	
Digital Detail Enhancement	Yes	
Polarity Control (Black Hot/White Hot)	Yes	
Color & Monochrome Palettes (LUTs)	Yes	
Digital Zoom	2x, 4x, 8x	2x, 4x

Lens Models		6.8 mm	7.5 mm
17μ 640×512	hFOV x vFOV	/	f/1.4 90° × 69° 2.267 mr
17μ 336×256	hFOV x vFOV	f/1.4 49.1° × 37.4° 2.519 mr	/

Environmental	
Operating Temperature	14° to 104° F (-10° to 40° C)
Non-Operating Temperature	-22° to 158° F (-30° to 70° C)
Temperature Shock	5° C/min
Humidity	5% to 95%

* FLIR is the trademark of FLIR Systems, Inc.